



**SBA**  
**PRESS** 

ORGANIZADORES

ADEMAR GONÇALVES DA COSTA JUNIOR

ALAN KARDEK RÊGO SEGUNDO

JOSÉ ALBERTO NAVES COCOTA JUNIOR

ÍCARO BEZERRA QUEIROZ DE ARAÚJO

# PRÁTICAS PEDAGÓGICAS REMOTAS EM ENGENHARIA

FUNDAMENTOS E ESTUDOS DE CASOS

**Blucher**

VOLUME 1



sociedade brasileira de  
AUTOMÁTICA

## **Organizadores**

Ademar Gonçalves da Costa Junior

Alan Kardek Rêgo Segundo

José Alberto Naves Cocota Junior

Ícaro Bezerra Queiroz de Araújo

# **PRÁTICAS PEDAGÓGICAS REMOTAS EM ENGENHARIA**

Fundamentos e estudos de casos

volume 1

*Práticas pedagógicas remotas em Engenharia: fundamentos e estudos de casos, volume 1*

© 2024 Ademar Gonçalves da Costa Junior, Alan Kardek Rêgo Segundo, José Alberto Naves Cocota Junior e Ícaro Bezerra Queiroz de Araújo (organizadores)

Editora Edgard Blücher Ltda.

*Publisher* Edgard Blücher

*Editores* Eduardo Blücher e Jonatas Eliakim

*Coordenação editorial* Andressa Lira

*Produção editorial* Ariana Corrêa

*Revisão de texto* Maurício Katayama

*Diagramação* Horizon Soluções Editoriais

*Capa* Leandro Cunha

*Imagem da capa* iStockphoto

**Editora Blucher**

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

CEP 04531-934 – São Paulo – SP – Brasil

Tel.: 55 11 3078-5366

**contato@blucher.com.br**

**www.blucher.com.br**

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 6. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras, julho de 2021. É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer meios sem autorização escrita da editora. Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Angélica Ilacqua CRB-8/7057

---

Práticas pedagógicas remotas em Engenharia : fundamentos e estudos de casos : volume 1 / organizado por Ademar Gonçalves da Costa Junior...[et al]. – São Paulo : Blucher, 2024.

260 p. : il. (SBA Press)

Bibliografia

ISBN 978-85-212-2184-5

1. Engenharia - Estudo e ensino 2. Ensino à distância I. Costa Junior, Ademar Gonçalves da 23-5775

CDD 620.007

---

Índice para catálogo sistemático: 1. Engenharia – Estudo e ensino

# Conteúdo

<b>Parte I – Fundamentos</b>	<b>25</b>
<b>1 Laboratórios virtuais e remotos: uma visão geral sobre conceitos e implementações incluindo o Brasil</b>	<b>27</b>
1.1 Introdução . . . . .	27
1.2 Conceitos sobre laboratórios virtuais e remotos . . . . .	32
1.3 Soluções de arquitetura de laboratórios virtuais/remotos . . . . .	36
1.4 Laboratórios virtuais e remotos no Brasil na área de Engenharia Elétrica	40
1.5 Considerações finais . . . . .	43
<b>2 Metodologias ativas no ensino remoto de Engenharia: fundamentos e estratégias</b>	<b>55</b>
2.1 Introdução . . . . .	55
2.2 Conceitos sobre laboratórios virtuais e remotos . . . . .	57
2.3 Aulas expositivas mediadas por TDIC . . . . .	61
2.4 Metodologias ativas de aprendizagem . . . . .	64
2.5 Considerações finais . . . . .	76
<b>3 Experiências na transição para aulas emergenciais remotas em um curso de graduação em Engenharia Elétrica: resultados da UFF</b>	<b>83</b>
3.1 Introdução . . . . .	83
3.2 Referencial teórico . . . . .	85
3.3 Estudo de caso: adaptações para o ensino remoto . . . . .	91
3.4 Análise de resultados . . . . .	104
3.5 Considerações finais . . . . .	112
<b>4 Ensino de circuitos elétricos em tempos de pandemia: a Engenharia (re)descobrimdo Paulo Freire</b>	<b>119</b>
4.1 Introdução . . . . .	119
4.2 Paulo Freire e a educação em Engenharia: estado da arte . . . . .	121

4.3	Aspectos da pedagogia freireana e estratégias utilizadas na disciplina de Circuitos Elétricos I . . . . .	123
4.4	Resultados e discussões . . . . .	134
4.5	Considerações finais . . . . .	137
<b>Pate II – Estudos de casos em sistemas embarcados, instrumentação e robótica</b>		<b>143</b>
<b>5</b>	<b>Abordagem de ensino remoto com softwares gratuitos em laboratório virtual de sistemas embarcados na UFOP</b>	<b>145</b>
5.1	Introdução . . . . .	145
5.2	O ensino de sistemas embarcados . . . . .	148
5.3	Desafios mercadológicos no ensino de sistemas embarcados . . . . .	151
5.4	Softwares e bibliotecas utilizados no laboratório virtual . . . . .	155
5.5	Metodologia de ensino . . . . .	159
5.6	Avaliação do ensino-aprendizagem e resultados alcançados . . . . .	162
5.7	Considerações finais . . . . .	173
<b>6</b>	<b>Simulador de circuitos PICSimLab para ensino remoto das disciplinas Sistemas Microcontrolados e Sistemas Embarcados na UTFPR</b>	<b>177</b>
6.1	Introdução . . . . .	177
6.2	O ensino de Microeletrônica na UTFPR . . . . .	179
6.3	O ensino remoto da disciplina Sistemas Microcontrolados . . . . .	183
6.4	O ensino remoto da disciplina Sistemas Embarcados . . . . .	189
6.5	Resultados . . . . .	197
6.6	Considerações finais . . . . .	199
<b>7</b>	<b>Abordagens de instrumentação industrial para um ensino remoto participativo</b>	<b>203</b>
7.1	Introdução . . . . .	203
7.2	Uso de mapas conceituais para aprendizagem . . . . .	210

---

7.3	Uso de cadernos eletrônicos e estudo de caso com simulação híbrida usando o Tinkercad . . . . .	216
7.4	Considerações finais . . . . .	229
<b>8</b>	<b>Práticas de ensino remoto da robótica utilizando simuladores: estudos de caso com minicurso prático e competição de equipes</b>	<b>233</b>
8.1	Introdução . . . . .	233
8.2	Trabalhos relacionados . . . . .	235
8.3	Ferramentas de simulação robótica . . . . .	238
8.4	Estudos de caso . . . . .	242
8.5	Considerações finais . . . . .	255

# Laboratórios virtuais e remotos: uma visão geral sobre conceitos e implementações incluindo o Brasil

*Ademar Gonçalves da Costa Junior*

*Alan Kardek Rêgo Segundo*

*José Alberto Cocota Naves Junior*

## 1.1 Introdução

A concepção de práticas pedagógicas experimentais advém da tentativa de consolidação do conhecimento teórico em algo prático, nas profissões passadas e presentes. Em Engenharia, não distante disso, os laboratórios podem oferecer ao aluno, de forma antecipada, algum contato com parte das atividades profissionais que o esperam no mercado de trabalho. O uso de práticas laboratoriais é de extrema importância para aperfeiçoar o aprendizado em disciplinas dentro do conceito de STEM (*Science, Technology, Engineering, and Math*) (Khine; Areepattamannil, 2019; Penprase, 2020).

Em um modelo tradicional de aulas em um curso superior, a aula é usada como a principal atividade para que os alunos possam ter acesso ao novo “conhecimento” apresentado pelo docente, em uma típica aula expositiva por meio de quadro, giz/pincel e slides. O trabalho posterior é que os alunos possam desenvolver algumas atividades tais como a análise, a síntese e os exercícios, fora do ambiente de sala de aula. Tal trabalho pode ser acompanhado pelo docente por meio de algum plantão de dúvidas em dia e horário específico em uma sala física, ou,

atualmente, por meio de algum aplicativo de troca de mensagens ou de reuniões instantâneas. Esse trabalho posterior pode ser realizado de forma individualizada ou por meio de grupos formais ou informais de alunos, podendo contar com o auxílio de um monitor.

Partindo desse cenário, Bazzo (2017, p. 100) afirma, no contexto da aula tradicional, que :

[...] o professor, detentor do conhecimento, é o centro de onde irradiam todas as ações em sala de aula. É ele quem define os ritmos e as intensidades com que se deve desenrolar a programação didática. Dele também se espera uma reprodução limpa e precisa das formulações canônicas, ou seja, daquelas soluções clássicas, isentas, portanto, dos erros já superados [...] cada conhecimento abordado, perfeitamente estruturado, adquire para o aluno um caráter hermético, quase dogmático, não possibilitando sequer uma abertura para discussões estruturantes, tão fecundadas para o desenvolvimento da criatividade. Assim, conceitos transformam-se em leis, e ensino em regras de procedimento.

A busca pela modernização do aprendizado, como contraponto ao modelo tradicional, passa pelo foco no uso de metodologias ativas de aprendizagem, podendo ser mesclado com a aprendizagem híbrida. Segundo Moran (2018, p. 4),

Metodologias ativas dão ênfase ao papel protagonista do aluno, ao seu envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor; a abordagem híbrida destaca a flexibilidade, a mistura e compartilhamento de espaços, tempos, atividades, materiais, técnicas e tecnologias que compõem esse processo ativo.

No documento “Destaque de inovação: recomendações para o fortalecimento e modernização do ensino de Engenharia no Brasil” (CNI, 2018, p. 20), elaborado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) e a Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), incluindo diversos atores da área acadêmica e da indústria que têm buscado atuar na modernização dos currículos das Engenharias no Brasil, é indicado que:



[...] as metodologias de ensino mais modernas se baseiam na vasta utilização de tecnologias da informação, atuando diretamente na vertente mobilidade, aliada ao desenvolvimento de competências comportamentais e à motivação dos estudantes a buscar por fontes diversas de conteúdo. Os professores deixam de ter um papel principal e central na geração e disseminação de conteúdo, para adotar um papel de tutor.

Em 2019, após amplos debates ao longo dos últimos anos, a Resolução n° 2, de 24 de abril de 2019 (CNE, 2019), que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) dos cursos de graduação em Engenharia, foi homologada, passando a vigorar com um prazo de três anos para sua implementação. Em seu capítulo III, Art. 6º, § 6º, tal Resolução indica que “deve ser estimulado o uso de metodologias para a aprendizagem ativa, como forma de promover uma Educação mais centrada no aluno”. Em outros trechos da Resolução, o texto deixa explícito que o conceito de aprendizagem ativa deve ser adotado nos cursos de graduação em Engenharia. No Capítulo 2 deste livro, os autores abordam os fundamentos e as estratégias sobre algumas das diversas metodologias ativas, adaptadas ao período remoto ocorrido durante a pandemia de covid-19, e que poderão ser adotadas pelos cursos no retorno presencial.

Uma forma de aproximar a teoria e a prática por parte dos alunos dos cursos de Engenharia pode passar pelo uso de laboratórios baseados em simulações e em experimentos práticos (Feisel; Rosa, 2005; Heradio; Torre; Dormido, 2016). Em 2006, a Confederação Nacional das Indústrias (CNI), em conjunto com outros atores, publicou o documento “Inova Engenharia: propostas para a modernização da Educação em Engenharia no Brasil”, como sugestões de aprimoramento ao Ensino e Aprendizagem nos cursos de Engenharia no país, no qual se sugere (IEL, 2006, p. 63):

Implantar laboratórios para os núcleos básico e profissional específico e evitar que as disciplinas lecionadas nesses espaços sejam pouco mais que aulas expositivas, onde dados experimentais são apresentados e tratados como uma receita bem preparada, organizando os cursos, su-

as disciplinas e o uso dos laboratórios na lógica de projetos *hands-on*, que estimulam a criatividade dos estudantes e privilegiam temas da realidade social, local e do setor produtivo.

Nas DCN das Engenharias de 2019, no Art. 6º, § 1º (CNE, 2019), é estabelecido para os cursos de graduação em Engenharia que “é obrigatória a existência das atividades de laboratório, tanto as necessárias para o desenvolvimento das competências gerais quanto das específicas”.

Gomes e Silveira (2007) destacam três opções de análise da estrutura dos cursos de Engenharia associados às práticas laboratoriais: i) cursos autônomos; ii) cursos concorrentes; e iii) cursos complementares.

Em cursos autônomos, “a base conceitual teórica necessária é abordada como parte da atividade laboratorial, fornecendo subsídios necessários à execução dos experimentos a serem realizados. A concepção pedagógica é desenvolver a motivação dos alunos para o aprendizado conceitual, instigando-os a buscar explicações e suporte técnico que possibilitem a compreensão dos fenômenos observados em laboratório”.

Em cursos concorrentes, Gomes e Silveira (2007) pontuam que, “também referida como aulas no laboratório, os experimentos são intercalados às aulas conceituais, como complementação, mas possibilitando, ao mesmo tempo, a colocação de questões que poderão ser aprofundadas, posteriormente, em seus aspectos teóricos”.

Ainda Gomes e Silveira (2007) afirmam que a terceira opção de análise pode ser “vista como um curso de laboratório, sendo ministrado em prosseguimento a cursos conceituais prévios, buscando tirar partido do conhecimento anterior adquirido pelo estudante, possibilitando também a seleção e montagem de experimentos, para os quais se exige ampla e consistente base teórica”.

Em geral, como o acesso ao ambiente de laboratório presencial nas Instituições de Ensino fica limitado aos horários previamente estabelecidos, sem uma flexibilidade de aprendizado por parte do estudante, a possibilidade de desenvolver metodologias ativas de aprendizagem é limitada. Em contrapartida, com o uso

da internet cada vez mais constante nos últimos anos, possibilitou-se o desenvolvimento de novas soluções para o acesso dos estudantes a experimentos que podem ser realizados de forma virtual e/ou remota, em qualquer dia e horário, acessando plataformas educacionais estabelecidas em qualquer parte do mundo.

Com o surgimento da pandemia devido ao covid-19, que ocorreu no Brasil a partir de março de 2020, o ensino híbrido passou a ser discutido de forma mais contundente de modo que possa ser utilizado a partir do momento que as aulas presenciais puderem ser executadas. No ensino híbrido, de acordo com Elmôr Filho *et al.* (2019, p. 54), “ações eficientes e personalizadas podem ser integradas ao uso de TDICs,<sup>1</sup> oferecendo ao estudante oportunidades de passar a ser, gradativamente, o ator principal no processo de construção do próprio conhecimento”. Desse modo, o uso de laboratórios virtuais e remotos tende a ser um passo para a adoção de metodologias ativas de aprendizagem de modo que o estudante possa praticar os conceitos teóricos por meio de práticas que utilizem as TDIC.

De qualquer modo, o uso de atividades de laboratório ajuda o aluno a entender os conceitos teóricos lecionados nas mais diversas disciplinas, em conjunto com as metodologias ativas de aprendizagem, além de fomentar as competências transversais tão necessárias e desejadas no mercado de trabalho. Discussões sobre o uso de metodologias ativas e as atividades de laboratório são realizadas por Alcaraz *et al.* (2019), Hernández-De-Menéndez *et al.* (2019), Magnus *et al.* (2020) e Muñoz-García *et al.* (2012). Outras pesquisas indicam que a inserção do uso de laboratórios virtuais e remotos, quando bem planejados, têm ocasionado impacto entre os alunos que demonstram motivação em seu uso e aprimoramento nos conceitos envolvidos nas atividades (Alves, 2018; Fukumoto *et al.*, 2021; Lei *et al.*, 2018a; Lopes *et al.*, 2017).

A intenção deste capítulo é apresentar um panorama geral da utilização dos laboratórios virtuais e remotos nos cursos de Engenharia Elétrica em outros países e, principalmente, no Brasil.

---

<sup>1</sup> Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação.

O conteúdo subsequente deste capítulo está organizado da seguinte forma: nas Seções 1.2 e 1.3 são apresentados os principais conceitos e soluções de arquiteturas relacionadas aos laboratórios virtuais e remotos, respectivamente; na Seção 1.4, apresenta-se o estado da arte dos laboratórios virtuais e remotos desenvolvidos no Brasil nas áreas abrangidas pela SBA, desde 2015. Por fim, na Seção 1.5, são apresentadas as considerações finais sobre a temática.

## 1.2 Conceitos sobre laboratórios virtuais e remotos

Os egressos das Engenharias devem ser capazes de projetar e conduzir experimentos, bem como analisar e interpretar os dados gerados por tais experimentos. Na resolução de possíveis problemas a serem executados por engenheiros, o planejamento de ações experimentais é inerente a essa profissão. Nos cursos de Engenharia, além de um ambiente de aprendizagem ativa e de criatividade, o acesso aos laboratórios, sejam eles por meio de simulação computacional, que possam emular uma situação próxima ao real, sejam eles presenciais ou de acesso remoto, ajudará na formação de profissionais cada vez mais qualificados na resolução dos diversos problemas encontrados, muitas vezes, problemas multidisciplinares.

A maior parte das instituições de nível superior do Brasil enfrenta dificuldades financeiras para adquirir kits didáticos comerciais, o que compromete o acesso simultâneo e individual aos experimentos pelos estudantes. Diversas soluções apontadas nos últimos anos indicam que a construção de protótipos educacionais é uma opção interessante para aliviar o investimento em kits didáticos comerciais. Porém, indo ao encontro do uso de metodologias ativas para a aprendizagem dos estudantes, no qual poderão ter acesso aos experimentos baseados em *setups* experimentais a qualquer momento, duas soluções vêm recebendo atenção na última década. De um lado, tem-se os laboratórios virtuais e, do outro lado, os laboratórios de acesso remoto, denominados a partir daqui até o restante do capítulo laboratórios remotos.

Os laboratórios virtuais, que podem ser implementados como programas instalados em computadores ou em aplicações baseadas na web, têm a vantagem de que nenhuma configuração real é necessária, ou seja, possuem baixo custo de investimento financeiro em relação à aquisição de laboratórios experimentais. Em um laboratório virtual, os alunos podem realizar medições ou experimentos em sistemas simulados. Em relação à instalação de programas em computadores, isso, por sua vez, pode trazer um custo de investimento por parte do aluno em um computador, tablet ou telefone celular. Dessa forma, uma arquitetura cliente-servidor pode ser utilizada, porém ficará dependente do uso da internet. Isso pode trazer uma possível desvantagem para o uso das metodologias ativas de aprendizagem, pois o acesso depende da qualidade da conexão à internet, que nem sempre é estável quando muitos usuários se conectam simultaneamente, por exemplo, a uma palestra online. Além disso, como o laboratório é fornecido virtualmente, a experiência prática é limitada.

Os laboratórios remotos utilizam equipamentos reais, estes geralmente mais caros e complexos quando comparados aos laboratórios virtuais. Para lidar com a complexidade de operacionalização, os laboratórios remotos seguem uma arquitetura cliente-servidor, onde do lado do cliente existe, geralmente, um aplicativo baseado na web que interage com o lado do servidor, com este realizando a gestão da configuração real e disponibilizando as informações do laboratório, tais como *streaming* de vídeo, dados do(s) sensores/atuador(es), entre outros (Heradio; Torre; Dormido, 2016).

Os laboratórios remotos também usam a internet para fornecer sessões de laboratório a um grande número de alunos, mas, comparado aos laboratórios virtuais, um laboratório remoto oferece uma experiência mais prática, aproximando os alunos de um sistema real.

As vantagens e desvantagens dos laboratórios virtuais e remotos indicados por Nedungadi *et al.* (2018) estão listadas no Quadro 1.1. Heradio, Torre e Dormido (2016), Potkonjak *et al.* (2016), Salmerón-Manzano e Manzano-Agugliaro (2018)

e Azad (2021) pontuam vantagens e desvantagens adicionais para a implementação de laboratórios virtuais e remotos, complementando as informações do Quadro 1.1.

**Quadro 1.1** – Vantagens e desvantagens dos laboratórios virtuais e remotos

Tipo de laboratório	Vantagem	Desvantagem
<b>Virtual</b>	Facilidade de explicação dos conceitos; Meio interativo; Eficiência de custos; Disponibilidade a qualquer hora, em qualquer lugar; Capacidade de ser usado por muitos alunos simultaneamente.	Ambiente não colaborativo; Sem oportunidade para interações com equipamentos reais; Ausência de dados reais.
<b>Remoto</b>	Sessão de laboratório realista; Equipamento real interativo; Oportunidades de colaboração; Capacidade de depuração; Dados em tempo real; Disponibilidade a qualquer hora, em qualquer lugar; Custo moderado; Experimento controlado; Limitado a um aluno controlando equipamento em um determinado momento.	Presença virtual do laboratório; Uso programado.

Fonte: adaptado de Nedungadi *et al.* (2018).

Conforme mencionado por Salmerón-Manzano e Manzano-Agugliaro (2018), deve-se notar que o termo laboratório virtual difere do termo realidade virtual, no qual este último envolve ambientes digitais interativos, por exemplo, a ilusão de estar em um espaço 3D, com a capacidade de construir e interagir com os objetos 3D e, muitas vezes, a própria representação digital.

Advindo da classificação realizada por Heradio, Torre e Dormido (2016), tem-se os seguintes tipos de ambientes de experimentos.

1. Acesso local/recurso real: essa combinação representa os laboratórios práticos tradicionais, onde o aluno está em frente a um computador conectado a um sistema real.
2. Recurso simulado de acesso local: todo o ambiente é baseado em software e a interface de experimentação funciona sobre um recurso simulado, virtual e fisicamente inexistente, que junto com a interface faz parte do computador.
3. Acesso remoto/recurso real (laboratório remoto): o equipamento real do sistema é acessado pela internet. O usuário opera e controla remotamente uma planta real por meio de uma interface de experimentação.
4. Recurso simulado de acesso remoto (laboratório virtual): essa forma de experimentação é semelhante à anterior, porém substituindo o sistema físico por um modelo matemático. O aluno opera com a interface de experimentação em um sistema virtual acessado pela internet. Por se tratar de um sistema simulado, pode ser instanciado para atender a quem o solicitar. Em comparação com os recursos simulados locais, os laboratórios virtuais permitem: i) um desacoplamento do modelo (que pode ser executado no servidor) e da visualização (que é executado no cliente), o que suporta a introdução imediata de experiências com atrasos variantes no tempo que são desconhecidos; ii) trabalho colaborativo online.

Deve ser mencionado que, mais recentemente, o termo laboratório híbrido veio à tona, ainda não muito bem estabelecido na literatura, mas, em linhas gerais, uma combinação entre os componentes de laboratório virtual e remoto. Segundo Rodriguez-Gil *et al.* (2017), os laboratórios híbridos buscam potencializar algumas das vantagens dos laboratórios virtuais e remotos, principalmente por serem capazes de oferecer realismo, custo-benefício e recursos adicionais como a gamificação e/ou ambientes virtuais. Lei *et al.* (2018b) descrevem a arquitetura desenvolvida a um laboratório híbrido na Universidade Wuhan, China.

### 1.3 Soluções de arquitetura de laboratórios virtuais/remotos

Em linhas gerais, a arquitetura básica de laboratórios virtuais/remotos é baseada na comunicação cliente/servidor. O acesso a tais laboratórios, geralmente, é fornecido por meio de um aplicativo cliente que pode ser executado em um navegador web, autônomo ou até mesmo em um sistema embarcado. Dessa forma, o cliente interage com um servidor remoto controlando um equipamento, no caso de laboratórios remotos, onde os dados do experimento são medidos, ou manipulando os dados gerados a partir de uma simulação para o caso de um laboratório virtual.

Em um contexto em termos de arquitetura básica para laboratórios remotos, é necessário que estes possam garantir a escalabilidade (pode ser definida como sua capacidade de lidar com eficiência com uma carga de trabalho crescente). Em um sistema em rede, a carga de trabalho é afetada, principalmente, por um número crescente de usuários, instâncias e nós de rede. De acordo com Zutin (2018), os sistemas de gerenciamento de laboratório remoto (*remote laboratory management systems* – RLMS) foram a primeira tentativa de resolver essa situação. Um RLMS é um software que agrupa funcionalidades comuns a todos os sistemas de laboratório online em torno de uma única estrutura. Alguns dos requisitos funcionais iniciais desses RLMSs foram (ZUTIN, 2018):

- Gerenciamento de usuários, com *login* individual em sistemas de autenticação da instituição.
- Implementação de serviços de agendamento laboratorial.
- Suporte para escalabilidade de laboratórios online.
- Suporte para *login* individual em um conjunto interinstitucional de laboratórios online.
- Suporte para o gerenciamento de dados de experimentos (armazenamento e recuperação de dados).



- Integração com sistemas de gestão de aprendizagem (*learning management systems* – LMS).

Os RLMS contribuíram significativamente para avanços importantes no campo dos laboratórios remotos e virtuais, mas suas principais contribuições foram novas possibilidades criadas para compartilhar o acesso a experimentos online de maneira eficiente e escalonável. Assim, um RLMS pode ser considerado um conjunto de serviços disponíveis para servidores de laboratório que permitam o compartilhamento de funcionalidades comuns entre *clusters* formados por diversos laboratórios remotos. De certo modo, o RLMS agregou várias funcionalidades comuns dos laboratórios remotos e as expôs aos desenvolvedores por meio de APIs bem definidas (ZUTIN, 2018).

As arquiteturas clássicas de RLMS que podem ser citadas são: i) o *Lab Shared Architecture* (ISA) desenvolvido pelo Massachusetts Institute of Technology – MIT (Harward *et al.*, 2008; Zutin, 2018); ii) o WebLab-Deusto<sup>2</sup> da Universidade de Deusto (Orduña *et al.*, 2018); iii) o Labshare Sahara,<sup>3</sup> consórcio de instituições australianas (Lowe *et al.*, 2009); iv) o Projeto LiLa<sup>4</sup> (*Library of Laboratories*) da Comunidade Europeia (Mateos *et al.*, 2011).

Arquiteturas recentes adaptadas para a implementação de soluções de laboratórios remotos são: i) o VLAB<sup>5</sup> (*Virtual LABORatories*) desenvolvido por um consórcio de instituições indianas (Bose, 2013; Raman *et al.*, 2014); ii) IIoT platform WOAS (Langmann, 2018); iii) o NCSLab (–) *Networked Control System Laboratory*) desenvolvido por diversas universidades europeias e chinesas (Qiao *et al.*, 2010; Lei; Hu; Zhou, 2016; Lei *et al.*, 2018a); iv) o projeto Go-Lab,<sup>6</sup> mantido pela Universidade de Twente (Holanda) e o Instituto Federal Suíço de Tecnologia de Lausanne (Suíça), mas expandido para diversas localidades no mundo (Ho-

<sup>2</sup> WebLabDeusto. Disponível em: <https://weblab.deusto.es/website/>.

<sup>3</sup> Sahara Labs. Disponível em: <https://sourceforge.net/projects/labshare-sahara/files/Documentation/>.

<sup>4</sup> Projeto LiLa. Disponível em: <https://www.lila-project.org/home.html>.

<sup>5</sup> VLAB. Disponível em: <https://www.vlab.co.in/>.

<sup>6</sup> Projeto Go-Lab. Disponível em: <http://www.go-lab-project.eu/>.

vardas *et al.*, 2018); v) o projeto UNILabs<sup>7</sup> (*University Network of Interactive Laboratories*) desenvolvido com as universidades espanholas (Sáenz *et al.*, 2011); vi) o VLCAP (*Virtual Labs Collaboration and Accessibility Platform*), desenvolvido na Universidade Amrita na Índia (Nedungadi *et al.*, 2018); vii) o VISIR<sup>8</sup> (*Virtual Instruments Systems In Reality*), um projeto europeu com o objetivo de desenvolver práticas de laboratórios remotos para a teoria de circuitos elétricos e eletrônicos com parcerias entre instituições da Argentina, Áustria, Brasil, Espanha, Portugal e Suécia (Marques *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2018; Viegas *et al.*, 2018).

Quanto às arquiteturas de laboratórios remotos existentes, podem ser citadas as que se baseiam em softwares proprietários como o LabVIEW<sup>®</sup> (Ennetta *et al.*, 2018; Espinoza *et al.*, 2021; Fabregas; Dormido-Canto; Dormido, 2017; Rapuano; Zoino, 2006), Matlab<sup>®</sup> (Choi; Saaedifard, 2012; Lei *et al.*, 2018a; Puerto; Jiménez; Reinoso, 2010; Qiao *et al.*, 2010), entre outros (Aspen HYSYS, PSIM, OPAL-RT). Para as soluções baseadas em plataformas abertas podem ser citadas as desenvolvidas utilizando PHP, JavaScript, Java, Python e HTML5 (Azad, 2021; Farias *et al.*, 2010; Guimarães *et al.*, 2011; Lei; Hu; Zhou, 2016; Letowski *et al.*, 2020; Marin *et al.*, 2020; Pastor *et al.*, 2020; Sáenz *et al.*, 2011).

Em termos de arquitetura de laboratórios híbridos, Rodriguez-Gil *et al.* (2017) descrevem uma mescla dos conceitos de laboratórios virtuais e remotos, interagindo entre si e aproveitando as vantagens de cada tipo de laboratório. A arquitetura proposta é totalmente baseada na web e no conceito de multiplataforma. Wang *et al.* (2017) propõem uma arquitetura de software para criar uma plataforma de laboratório remoto baseada na Tecnologia Wiki. Tal arquitetura é implementada com base em uma estrutura unificada para desenvolvimento de laboratório remoto e um pacote de software *wiki* de código aberto, denominado *MediaWiki*.

Maiti *et al.* (2018) discutem dois tipos de soluções de laboratórios de acesso remoto distribuídos (Maiti; Kist; Maxwell, 2015). Um com experimentos que

<sup>7</sup> UNILabs. Disponível em: <https://unilabs.dia.uned.es/>.

<sup>8</sup> VISIR. Disponível em: <http://www2.isep.ipp.pt/visir/>.

podem ser realizados em locais separados geograficamente, possuindo sistemas com arquitetura estática que permitem experimentos com modelo de controle isolado, integrados e compartilhados. O segundo tipo são experimentos com arquitetura dinâmica que seguem um modelo comum para todos os experimentos.

Por fim, os autores deste capítulo trazem o conceito de *massive open online laboratories* (MOOL) que vem sendo utilizado dentro do *massive open online courses* (MOOC). Os MOOC são cursos online abertos que são disponibilizados para quaisquer usuários com acesso à internet, com uma grande variedade de conteúdos, geralmente de curta duração, ofertadas por diversas instituições de ensino e pesquisa em uma plataforma de acesso (Alzahani; Meccawy, 2021; Böes *et al.*, 2017; Ip *et al.*, 2018; Rasheed *et al.*, 2019).

Para ser fornecido aos alunos inscritos em MOOC, um MOOL deve permitir a acessibilidade para a realização de experimentos online. Quanto mais portátil for o MOOL, mais os alunos poderão realizar experimentos dentro do ambiente de aprendizado, fornecendo o sucesso na fixação dos conceitos apresentados dentro de um MOOC. Dessa forma, os laboratórios baseados na web são as melhores opções, com os quais os alunos não precisam instalar nenhum outro software.

Uma discussão realizada por Lowe (2014) é a comparação de soluções baseadas na realização de atividades experimentais em lotes, laboratórios multiplexados, times de estudantes e experimentos colaborativos. Recentemente, um projeto de MOOL denominado Go-Lab<sup>9</sup> entre as universidades suíças teve o objetivo de implantar laboratórios remotos em Engenharia Elétrica, Mecânica e de Controle em grande escala dentro de infraestruturas MOOC, com sua infraestrutura proposta indicada por Salzman e Gillet (2018) e Salzman, Piguet e Gillet (2019). Garcia e Flores (2019) e Lei, Zhou e Hu (2019) apresentam o projeto de integração entre o MOOC e o MOOL nas áreas de Sistemas de Controle e Sistemas Elétricos, utilizando a arquitetura desenvolvida pela Universidade de Wuhan,

---

<sup>9</sup> Go-Lab. Disponível em: <https://premium.golabz.eu/about/projects/massive-open-online-laboratories>.

China (NCSLab) e pelo Instituto Tecnológico de Monterrey, México, demonstrando a potencialidade da integração também para outras áreas das Engenharias.

## 1.4 Laboratórios virtuais e remotos no Brasil na área de Engenharia Elétrica

Esta seção tem como objetivo apresentar um panorama geral do desenvolvimento e uso de soluções de laboratórios virtuais e remotos no Brasil nas áreas abrangidas pela Sociedade Brasileira de Automática (SBA). Deve ser ressaltado que existem trabalhos em outras áreas e em disciplinas básicas dos cursos de Engenharia, que não são abordados neste capítulo. O recorte temporal de tais soluções desenvolvidas no Brasil está delineado pelos autores a partir de 2015, porém existem soluções apresentadas anteriormente por meio de artigos em congressos e revistas científicas, além de teses de doutorado e dissertações de mestrado.

Uma proposta de laboratório remoto de automação com a finalidade de viabilizar práticas de aprendizagem de redes de Petri em plantas industriais virtuais e utilizando um controlador lógico programável (CLP) foi realizada por Ronqui (2015) na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

O uso da arquitetura VISA (*Virtual Instrument Software Architecture*) para um sistema de acesso e controle remoto de um osciloscópio para medição de parâmetros elétricos por meio de navegadores web e softwares *open source* é apresentado por Coura *et al.* (2016) em uma experiência produzida na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG).

A contribuição da tese de doutorado de Moraes (2016) está na implantação de um laboratório remoto de qualidade de energia com diversos experimentos e a avaliação do seu uso por parte dos alunos, quando utilizada a abordagem pedagógica de sala de aula invertida e o ensino híbrido na Universidade Estadual Paulista (Unesp), *campus* Ilha Solteira.

No trabalho de Lopes *et al.* (2017) é fornecida uma visão geral da arquitetura e operação do ambiente de controle e programação de práticas de laboratório

remoto em robótica na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), além da análise dos resultados da inserção de tais atividades entre os alunos do curso de Ciências da Computação. Ainda na área de robótica, Guimarães *et al.* (2011) discutem o projeto e implementação da arquitetura e das atividades de laboratório remoto com o uso de softwares *open source*.

Pereira *et al.* (2018) e Viegas *et al.* (2018) ilustram o resultado da inserção do projeto VISIR em instituições no estado de Santa Catarina, e na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), respectivamente, visando o uso de laboratórios remotos para práticas nas disciplinas de Circuitos Elétricos e Eletrônica, com a apresentação da arquitetura da infraestrutura de acesso e de hardware utilizada. No trabalho de Viegas *et al.* (2018) também são discutidos os resultados da avaliação realizada pelos alunos com a inserção de práticas por meio do projeto VISIR, em que, no geral, a aceitabilidade é boa, porém com a necessidade de aprimoramentos em relação ao engajamento deles na realização de tais atividades.

Alves (2018) apresenta uma solução para implementação de um laboratório remoto para práticas de sistemas de controle de processos industriais, com enfoque em políticas de segurança, baseada no protocolo remoto RDP (*Remote Desktop Protocol*) sobre a VPN (*Virtual Private Network*) da Universidade de São Paulo, além da avaliação positiva por parte dos alunos em sua utilização após as práticas remotas.

Halker e Vatanabe (2020) apresentam uma solução de desenvolvimento de um laboratório virtual didático para o ensino de Máquinas Elétricas na Universidade Federal do ABC (UFABC), no qual utilizaram o Blender e o Unity.

Em congressos nacionais e internacionais, algumas propostas nas diversas áreas da Engenharia Elétrica, em específico na SBA, vêm sendo apresentadas nos últimos anos, fomentando a discussão e implementação de soluções de laboratórios virtuais e remotos nas instituições de ensino no país.

Almeida *et al.* (2019) apresentam uma solução de acesso remoto para as atividades na área de automação predial via web utilizando a plataforma Arduino.

Um laboratório virtual de sistemas embarcados baseado em softwares gratuitos, com a utilização da metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) nas atividades realizadas pelos alunos, é explanado por Parreira *et al.* (2021).

Oliveira *et al.* (2018) e Assis *et al.* (2019) discutem o desenvolvimento de uma aplicação de um laboratório remoto para o controle de nível. No primeiro, a aplicação do laboratório remoto é desenvolvida em Visual Studio com o uso de um microcontrolador PIC para o controle das ações no sistema dinâmico, com a avaliação positiva dos alunos perante a solução implementada; no segundo, a solução é desenvolvida em LabVIEW e utiliza a plataforma Arduino.

Licciardi Junior (2020) e Peraça, Schlichting e Bona (2018; 2021) apresentam soluções para um laboratório virtual e remoto, respectivamente, na disciplina de Circuitos Elétricos. O primeiro desenvolve a solução baseada no Multisim, enquanto o segundo apresenta a solução baseada na arquitetura VISIR e desenvolvida em LabVIEW.

Machado, Silva e Lucena Junior (2018) indicam uma solução para a seleção automática de acesso remoto aos laboratórios da área de Mecatrônica, de acordo com o experimento a ser realizado pelo aluno e o *status* em tempo real de tais atividades nos laboratórios que estão conectados.

Com o propósito de um modelo para formalização e armazenamento dos dados nas práticas desenvolvidas em laboratórios remotos, a solução de Simão *et al.* (2018) permite o registro dos dados em diferentes cenários de aplicação, por meio do desenvolvimento baseado em JavaScript.

Nos dois volumes deste livro, o leitor também encontrará estudos de casos recentes sobre a implementação de atividades com laboratórios virtuais e remotos que foram implementados nas instituições de ensino e pesquisa durante a pandemia de covid-19, e que poderão ajudar em desenvolvimentos futuros na temática.

## 1.5 Considerações finais

Neste capítulo foram contextualizados os laboratórios virtuais e remotos, com algumas propostas de arquiteturas para implementações, relacionando-os com as metodologias ativas de aprendizagem. Estas devem ser escolhidas da melhor forma possível para que os cursos de Engenharia possam oferecer alternativas aos alunos no seu desenvolvimento e na experiência de aprendizagem em qualquer lugar, em qualquer momento. A pandemia de covid-19 que assolou o mundo desde o final de 2019, de certo modo, provocou mudanças na forma de ensino e de aprendizagem. Dessa forma, espera-se que tais mudanças fiquem permeadas nos cursos de graduação em Engenharia, aprimorando a formação dos engenheiros.

A tarefa de escolher e implementar a arquitetura para um laboratório online não é tão simples, pois fatores como quantidade de acessos, segurança contra ataques maliciosos e investimentos em equipamentos no caso de laboratórios remotos devem ser levados em conta, além do engajamento da equipe que desenvolverá a solução e realizará possíveis manutenções e apoio ao acesso. Questões sobre o hardware e software a ser utilizados são discutidas por Tawfik *et al.* (2015).

De forma comparativa às experiências relatadas em outros países, principalmente da Europa, percebe-se que soluções para os laboratórios virtuais e remotos no Brasil, nas áreas abrangidas pela SBA, ainda é muito pulverizada. Faltam iniciativas coordenadas (consórcios, parcerias) visando fomentar e aperfeiçoar o potencial de desenvolvimento demonstrado na literatura, por meio do padronização de arquiteturas, compartilhamento de infraestrutura e complementação de competências, evitando-se a sobreposição de trabalho. Esses desafios podem ser superados com maior facilidade e celeridade se houver cooperação entre os pesquisadores e instituições envolvidas.

Espera-se que o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos laboratórios virtuais e remotos, impulsionados pelas adversidades acadêmicas enfrentadas durante a pandemia, possam beneficiar as gerações futuras com a inclusão mais efetiva dessas ferramentas nos cursos de Engenharia. Esse caminho pode facilitar a imple-

mentação das novas DCNs das Engenharias nos cursos oferecidos pelas instituições de ensino brasileiras.

## Referências

ALCARAZ, R.; MARTÍNEZ-RODRIGO, A.; ZANGRÓNIZ, R.; RIETA, J. J. Blending inverted lectures and laboratory experiments to improve learning in an introductory course in Digital Systems. **IEEE Transactions on Education**, v. 63, n. 3, p. 144-154, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2019.2954393>.

ALMEIDA, B. R.; GUIMARÃES, J. S.; OLIVEIRA, H. A.; BEDE, F. M. P. C.; RIBEIRO, D. M. Automação laboratorial com acesso remoto via web utilizando plataforma Arduino. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 47., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DA ABENGE, 2., 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: ABENGE, 2019. Disponível em: [http://www.abenge.org.br/sis\\_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19\\_00092\\_00001981.pdf](http://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19_00092_00001981.pdf). Acesso em: 14 fev. 2022.

ALVES, L. F. **Laboratório remoto para controle e supervisão de processos industriais em planta didática multirefenda**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.18.2019.tde-26022019-104544>.

ALZHRANI, K. M.; MECCAAY, M. MOOCs one-stop shop: a realization of a unified MOOCs search engine. **IEEE Access**, v. 9, p. 160175-160185, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3130841>.

ASSIS, W. O.; GONÇALVES, H. S. B.; SILVA, G. T.; COELHO, A. D. Uma aplicação de controle de nível com acesso remoto pela web (Weblab). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 47., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DA ABENGE, 2., 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: ABENGE, 2019. Disponível em: [http://www.abenge.org.br/sis\\_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19\\_00094\\_00002088.pdf](http://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE19&codigo=COBENGE19_00094_00002088.pdf). Acesso em: 14 fev. 2022.



AZAD, A. Design and development of remote laboratories with Internet of Things setting. **Advances in Internet of Things**, v. 11, p. 95-112, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4236/ait.2021.113007>.

BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. 5. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2017.

BÖES, J. S.; CAVALCANTE, L. F.; BARBOSA, A. P. L.; SOUZA, L. T. Análise do Massive Open Online Course (MOOC) aplicado ao ensino e aprendizagem em Engenharia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais [...]**. Joinville: ABENGE, 2017. Disponível em: [http://www.abenge.org.br/sis\\_su bmetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE17&codigo=COBENGE17\\_00024\\_00000238.pdf](http://www.abenge.org.br/sis_su bmetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE17&codigo=COBENGE17_00024_00000238.pdf). Acesso em: 14 fev. 2022.

BOSE, R. Virtual labs project – a paradigm shift in internet-based remote experimentation. **IEEE Access**, v. 1, p. 718-725, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2013.2286202>.

CHOI, S.; SAEEDIFARD, M. An educational laboratory for digital control and rapid prototyping of power electronic circuits. **IEEE Transactions on Education**, v. 55, n. 2, p. 263-270, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2011.2169066>.

CNE – CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília, DF: MEC, 2019b. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category\\_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 14 fev. 2022.

CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Destaque de inovação: recomendações para o fortalecimento e modernização do ensino de Engenharia no Brasil/Confederação Nacional da Indústria, Serviço Social da Indústria, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Instituto Euvaldo Lodi – Brasília: CNI, 2018**. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2018/3/destaques-de-inovacao-recomendacoes-para-o-fortalecimento-e-modernizacao-do-ensino-de-engenharia-no-brasil/>. Acesso em: 14 fev. 2022.

COURA, F. T.; OLIVEIRA, B. A. G.; CHIAVO, R. A. S.; LIMA, J. F.; BATALHA, R. M. S.; MARTINS, C. A. P. S. Remote access web system to VISA architecture measurement equipment. **IEEE Latin America Transactions**, v. 14, n. 8, p. 3575-3585, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7786337>.

ELMÔR FILHO, G.; SAUER, L. Z.; ALMEIDA, N. N.; VILLAS-BOAS, V. **Uma nova sala de aula é possível: aprendizagem ativa na Educação em Engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

ENNETTA, R.; NASRI, I.; BOUALLÈGNE, S.; TSIATSOS, T. Design and implementation of a remote laboratory for heat transfer experiments. *In*: AUER, M.; AZAD, A.; EDWARDS, A.; JONG, T. (ed.). **Cyber-physical laboratories in engineering and science education**. Springer, 2018. Cap. 14, p. 343-361. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6_14).

ESPINOZA, J. V.; ALAMA, W. I.; BOHÓRQUEZ, J. S.; AMAYA, I. B. Implementation of a pilot plant for the integral of remote laboratories. **IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje**, v. 16, n. 1, p. 11-20, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/RITA.2021.3052491>.

FABREGAS, E.; DORMIDO-CANTO, S.; DORMIDO, S. Virtual and remote laboratory with the ball and plate system. **IFAC-PapersOnline**, v. 50, n. 1, p. 9132-9137, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1716>.

FARIAS, G.; CERVIN, A.; ARZEN, K.-E.; DORMIDO, S.; ESQUEMBRE, F. Java simulations of embedded control systems. **Sensors**, v. 10, n. 9, 2010. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/s100908585>.

FEISEL, L. D.; ROSA, A. J. The role of the laboratory in undergraduate Engineering Education. **Journal of Engineering Education**, v. 94, n. 1, p. 121-130, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x>.

FUKUMOTO, H.; YAMAGUCHI, T.; ISHIBASHI M.; FURUKAWA, T. Developing a remote laboratory system of stepper motor for learning support. **IEEE Transactions on Education**, v. 64, n. 3, p. 292-298, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2020.3042595>.

GARCIA, M. E. M.; FLORES, E. G. R. MOOC Lab, a Massive Online Laboratory with real time access. *In*: IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE (EDU-

CON), 2019, Dubai. **Proceedings** [...]. Dubai: IEEE, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2019.8725036>.

GOMES, F. J.; SILVEIRA, M. A. Experiências pedagógicas. *In*: AGUIRRE, L. A. (org.). **Enciclopédia de automática: controle e automação**, volume I. São Paulo: Blucher, 2007. Cap. 3, p. 64-81.

GUIMARÃES, E. G.; CARDOZO, E.; MORAES, D. H.; COELHO, P. R. Design and implementation issues for modern remote laboratories. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 4, n. 2, p. 149-161, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/TLT.2010.22>.

HALKER, N. S. M.; VATANABE, S. L. Desenvolvimento de um laboratório virtual didático para ensino de máquinas elétricas. **Journal of Production and Automation**, v. 3, n. 1, p. 33-50, 2020. Disponível em: <https://jpaut.com.br/desenvolvimento-de-um-laboratorio-virtual-didatico-para-ensino-de-maquinas-eletricas/>. Acesso em: 12 nov. 2021.

HARWARD, V. J. *et al.* The iLab Shared Architecture: a web services infrastructure to build communities of internet accessible laboratories. **Proceedings of the IEEE**, v. 96, n. 6, p. 931-950, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1109/JPROC.2008.921607>.

HERADIO, R.; TORRE, L.; DORMIDO, S. Virtual and remote labs in control education: a survey. **Annual Reviews in Control**, v. 42, p. 1-10, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2016.08.001>.

HERNÁNDEZ-DE-MENÉNDEZ, M.; GUEVARA, A. V.; MARTÍNEZ, J. C. T.; ALCÁNTARA, D. H.; MORALES-MENENDEZ, R. Active learning in Engineering Education. A review of fundamentals, best practices and experiences. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)**, v. 13, p. 909-922, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00557-8>.

HOVARDAS, T.; PEDASTE, M.; ZACHARIA, Z.; JONG, T. Model-based inquiry in computer-supported learning environments: the case of Go-Lab. *In*: AUER, M.; AZAD, A.; EDWARDS, A.; JONG, T. (ed.). **Cyber-physical laboratories in engineering and science education**. Springer, 2018. Cap. 10, p. 241-268. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6_10).

IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. Núcleo Nacional. **Inova Engenharia: propostas para a modernização da Educação em Engenharia no Brasil**. Brasília: IEL.NC/SENAI.DN,

2006. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2012/7/inov-a-engenharia>. Acesso em: nov. 2021.

IP, H. H. S.; LI, C.; LEONI, S.; CHEN, Y.; MA, K.- F.; WONG, C. H.-; LI, Q. Design and evaluate immersive learning experience for Massive Open Online Courses (MOOCs). **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 12, n. 4, p. 503-515, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2878700>.

KHINE, M. S.; AREEPATTAMANNIL, S. **STEAM education: theory and practice**. Cham: Springer, 2019.

LANGMANN, R. A CPS integration platform as a framework for generic remote labs in automation engineering. *In*: AUER, M.; AZAD, A.; EDWARDS, A.; JONG, T. (ed.). **Cyber-physical laboratories in engineering and science education**. Springer, 2018. Cap. 9, p. 305-329. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6_12).

LEI, Z.; HU, W.; ZHOU, H. Deployment of a web-based control laboratory using HTML5. **International Journal of Online and Biomedical Engineering**, v. 12, n. 7, p. 18-23, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v12i07.5819>.

LEI, Z.; ZHOU, H.; HU, W. Combining MOOL with MOOC to promote Control Engineering Education: experience with NCSLab. **IFAC PapersOnLine**, v. 52, v. 9, p. 236-241, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.207>.

LEI, Z.; ZHOU, H.; HU, W.; DENG, W.; ZHOU, D.; LIU, Z.-W. HTML5-based 3-D online control laboratory with virtual interactive wiring practice. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 14, n. 6, p. 2473-2483, 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1109/TII.2017.2769883>.

LEI, Z.; ZHOU, H.; HU, W.; DENG, W.; ZHOU, D.; LIU Z.-W.; LAI, J. Modular web-based interactive hybrid laboratory framework for research and education. **IEEE Access**, v. 6, p. 20152-20163, 2018b. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2821713>.

LETOWSKI, B.; LAVAYSSIÈRE, C.; LARROQUE, B.; SCHRÖDER, M.; LUTHON, F. A fully open source remote laboratory for practical learning. **Electronics**, v. 9, n. 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics9111832>.

LICCIARDI JUNIOR, A. N. Sobre a utilização de laboratório virtual em Engenharia no ensino a distância de circuitos elétricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCA-

ÇÃO EM ENGENHARIA, 48., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DA ABENGE, 3., 2020, evento online. **Anais** [...]. Evento Online: ABENGE, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.37702/COBENGE.2020.2876>.

LOPES, M. S. S.; GOMES, I. P.; TRINDADE, R. M. P.; SILVA, A. F.; LIMA, A. C. C. Web environment for programming and control of a mobile robot in a remote laboratory. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 10, n. 4, p. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2627565>.

LOWE, D. MOOLs: Massive Open Online Laboratories: an analysis of scale and feasibility. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON REMOTE ENGINEERING AND VIRTUAL INSTRUMENTATION (REV), 11., 2014, Porto. **Proceedings** [...]. Porto: IEEE, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1109/REV.2014.6784219>.

LOWE, D.; BERRY, C.; MURRAY, S.; LINDSAY, E. Adapting a remote laboratory architecture to support collaboration and supervision. **International Journal of Online and Biomedical Engineering**, v. 5, n. 1, p. 51-56, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v5s1.932>.

MACHADO, G. S.; SILVA, Y. M. L. R.; LUCENA JUNIOR, V. F. A tool for the automatic selection of mechatronics remote laboratories based on their actual effective costs. *In*: 2018 IEEE FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE), 2018, San Jose. **Proceedings** [...]. San Jose: IEEE, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8658732>.

MAGNUS, D. M.; CARBONERA, L. F. B.; PFITSCHER, L. L.; FARRET, F. A.; BERNARDON, D. P.; TAVARES, A. A. An educational laboratory approach for hybrid project-based learning of synchronous machine stability and control: a case study. **IEEE Transactions on Education**, v. 63, n. 1, p. 48-55, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2019.2956909>.

MAITI, A.; KIST, A. A.; MAXWELL, A. D. Real-time remote access laboratory with distributed and modular design. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 62, n. 6, p. 3607-3618, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIE.2014.2374572>.

MAITI, A.; ZUTIN, D. G.; WUTTKE, H.- D.; HENKE, K.; MAXWELL, A. D.; KIST, A. A. A framework for analyzing and evaluating architectures and control strategies in distributed remote laboratories. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 11, n. 4, p. 441-455, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2787758>.

MARIN, L.; VARGAS, H.; HERADIO, R.; TORRE, L.; DIAZ, J. M.; DORMIDO, S. Evidence-based control engineering education: evaluating the LCSD simulation tool. **IEEE Access**, v. 8, p. 170183-170194, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3023910>.

MARQUES, M. A.; VIEGAS, M. C.; COSTA-LOBO, M. C.; FIDALGO, A. V.; ALVES, G. R.; ROCHA, J. S.; GUSTAVSSON, I. How remote labs impact on course outcomes: various practices using VISIR. **IEEE Transactions on Education**, v. 57, n. 3, p. 151-159, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2013.2284156>.

MATEOS, V.; GALLARDO, A.; RICHTER, T.; BELLIDO, L.; DEBICKI, P.; VILLAGRÁ, V. A. LiLa booking system: architecture and conceptual model of a rig booking system for on-line laboratories. **International Journal of Online and Biomedical Engineering**, v. 7, n. 4, p. 26-35, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v7i4.1837>.

MORAIS, E. V. **Compartilhamento de ambientes de aprendizagem com laboratórios remotos**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/144590>. Acesso em: 12 fev. 2022.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. *In*: BACICH, L.; MORAN, J. (ed.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. Parte I, p. 2-25.

MUÑOZ-GARCÍA, M. A.; MOREDA, G. P.; HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, N.; VALIÑO, V. Student reciprocal peer teaching as a method for active learning: an experience in an electrotechnical laboratory. **Journal of Science Education and Technology**, v. 22, n. 5, p. 729-734, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9426-4>.

NEDUNGADI, P.; RAMESH, M. V.; PRADEEP, P.; RAMAN, R. Pedagogical support for collaborative development of virtual and remote labs: Amrita VLCAP. *In*: AUER, M.; AZAD, A.; EDWARDS, A.; JONG, T. (ed.). **Cyber-physical laboratories in engineering and science education**. Springer, 2018. Cap. 9, p. 219-240. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6_9).

OLIVEIRA, L. O. M.; COCOTA JUNIOR, J. A. N.; RÊGO SEGUNDO, A. K.; LOPES, H. P.; OLIVEIRA, I. F.; RODRIGUES, G. F.; CASTRO, J. C. V. Bancada remota para práticas de controle de nível de tanque. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 22.,

2018, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: SBA, 2018. Disponível em: [https://www.sba.org.br/open\\_journal\\_systems/index.php/cba/article/view/129](https://www.sba.org.br/open_journal_systems/index.php/cba/article/view/129). Acesso em: 25 maio 2022.

ORDUÑA, P.; GARCIA-ZUBIA, J.; RODRIGUEZ-GIL, L.; ÂNGULO, I.; HERNANDEZ-JAYO, U.; DZIABENKO, O.; LÓPEZ-DE-IPÍÑA, D. The WebLab-Deusto remote laboratory management system architecture: achieving scalability, interoperability, and federation of remote experimentation. *In*: AUER, M.; AZAD, A.; EDWARDS, A.; JONG, T. (ed.). **Cyber-physical laboratories in engineering and science education**. Springer, 2018. Cap. 2, p. 17-42. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6_2).

PARREIRA, P. F. P.; SILVA, T. R.; NOVAIS, H. A.; LUZ, E. J. S.; RÊGO SEGUNDO, A. K. Laboratório virtual de sistemas embarcados: uma abordagem de ensino remoto usando softwares gratuitos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, 15., 2021, Evento Online. **Anais [...]**. Evento Online: SBA, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20906/sbai.v1i1.2843>.

PASTOR, R.; TOBARRA, L.; ROBLES-GÓMEZ, A.; CANO, J.; HAMMADD, B.; AL-ZOUBI, A.; HERNÁNDEZ, R.; CASTRO, M. Renewable energy remote online laboratories in Jordan universities: tools for training students in Jordan. **Renewable Energy**, v. 149, p. 749-759, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.100>.

PENPRASE, B. E. **STEM Education for the 21st century**. Charm: Springer, 2020.

PERAÇA, M. T.; SCHLICHTING, L. C. M.; BONA, D. D. Ensaio para caracterização de quadripolos utilizando laboratório remoto VISIR. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 46., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DA ABENGE, 1., 2018, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: ABENGE, 2018. Disponível em: [http://www.abenge.org.br/sis\\_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE18&codigo=COBENGE18\\_00072\\_00001397.pdf](http://www.abenge.org.br/sis_submetidos.php?acao=abrir&evento=COBENGE18&codigo=COBENGE18_00072_00001397.pdf). Acesso em: 13 fev. 2022.

PERAÇA, M. T.; SCHLICHTING, L. C. M.; BONA, D. D. Ensaio de circuitos de primeira ordem utilizando laboratório remoto VISIR. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 49., SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA DA ABENGE, 4., 2021, Evento Online. **Proceedings [...]**. Evento Online: ABENGE, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37702/COBENGE.2021.3638>.

PEREIRA, J.; SIMÃO, J. P. S.; SILVA, I. N.; ALVES, J. B. M.; SILVA, J. B.; ALVES, G. R.; BILLESSIMO, S. M. S. Implantação e utilização do laboratório remoto VISIR em Instituições de Ensino Técnico, Tecnológico e Superior. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 24, ano 10, p. 1-10, 2018. Disponível em: <http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2018/07/Art10-vol24-Ediããçõ-Temãatica-VII-Junho-2018.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2022.

POTKONJAK, V.; GARDNER, M.; CALLAGHAN, V.; MATTILA, P.; GUETL, C.; PETROVIC, V. M.; JOVANOVIC, K. Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: a review. **Computers & Education**, v. 95, p. 309-327, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>.

PUERTO, R.; JIMÉNEZ, L. M.; REINOSO, O. Remote control laboratory via internet using Matlab and Simulink. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 18, n. 4, p. 694-702, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1002/cae.20274>.

QIAO, Y.; LIU, G.- O.; ZHENG, G.; HU, W. NCSLab: a web-based global-scale control laboratory with rich interactive features. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 57, n. 10, p. 3253-3265, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIE.2009.2027924>.

RAMAN, R.; ACHUTHAN, K.; NEDUNGADI, P.; DIWAKAR, S.; BOSE, R. The VLAB OER experience: modeling potential-adopter student acceptance. **IEEE Transactions on Education**, v. 57, n. 4, p. 235-241, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1109/TE.2013.2294152>.

RAPUANO, S.; ZOINO, F. A learning management system including laboratory experiments on measurement instrumentation. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 55, n. 5, p. 1757-1766, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1109/TIM.2006.880309>.

RASHEED, R. A.; KAMSIN, A.; ABDULLAH, N. A.; ZAKARI, A.; HARUNA, K. A systematic mapping study of the empirical MOOC literature. **IEEE Access**, v. 7, p. 1214809-124827, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2938561>.

RODRIGUEZ-GIL, L.; GARCÍA-ZUBIA, J.; ORDUÑA, P.; LÓPEZ-DE-IPÍÑA, D. Towards new multiplatform hybrid online laboratory models. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 10, n. 3, p. 318-330, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1109/TLT.2016.2591953>.

RONQUI, L. A. P. S. **Laboratório remoto de automação para aprendizagem de conceitos de redes de Petri**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)



– Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3210>. Acesso em: 12 dez. 2021.

SÁENZ, J.; CHACÓN, J.; TORRE, L.; VISIOLI, A.; DORMIDO, S. Open and low-cost virtual and remote labs on control engineering. **IEEE Access**, v. 3, p. 805-814, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2442613>.

SALMERÓN-MANZANO, E.; MANZANO-AGUGLIARO, F. The higher education sustainability through virtual laboratories: the Spanish university as case of study. **Sustainability**, v. 10, n. 11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10114040>.

SALZMANN, C.; GILLET, D. Next steps in supporting more students in MOOL for Control Education. **IFAC PapersOnLine**, v. 51, v. 4, p. 184-189, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.06.063>.

SALZMANN, C.; PIGUET, Y.; GILLET, D. New tools for MOOC/MOOL to sustain continuity of experimentation in control. **IFAC PapersOnLine**, v. 52, v. 9, p. 254-259, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.217>.

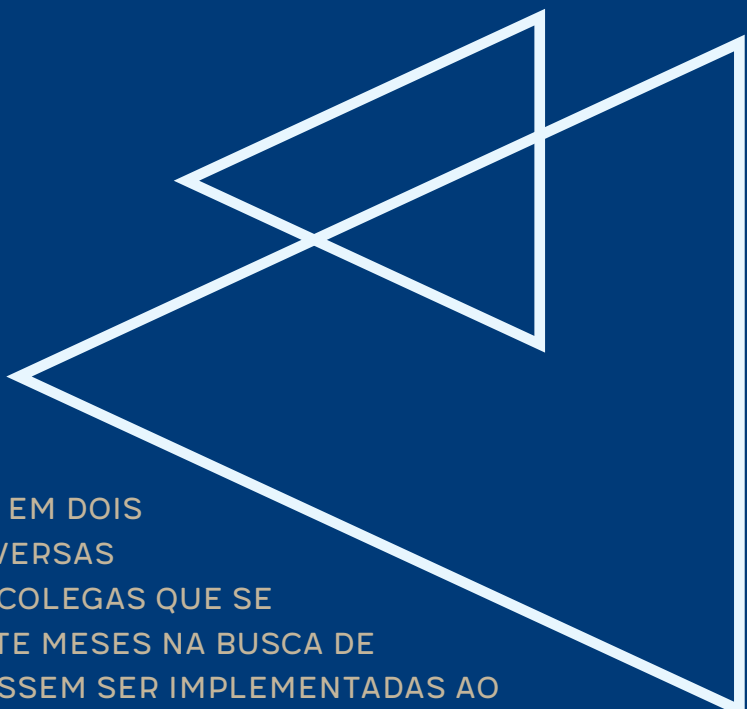
SIMÃO J. P. S.; CARLOS, L. M.; SILVA, J. B.; ALVES, J. B. M.; SALIAH-HASSANE, H. Model for recording learning experience data from remote laboratories using xAPI. *In*: LATIN AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING TECHNOLOGIES (LACLO), 13., 2018, São Paulo. **Proceedings** [...]. São Paulo: IEEE, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1109/LACLO.2018.00081>.

TAWFIK, M.; LOWE, D.; SALZMANN, C.; GILLET, D.; SANCRISTOBAL, E.; CASTRO, M. Defining the critical factors in the architectural design of remote laboratory. **IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias de Aprendizaje**, v. 10, n. 4, p. 269-279, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/RITA.2015.2486388>.

VIEGAS, C. *et al.* Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. **Computers & Education**, v. 126, p. 201-216, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comp.edu.2018.07.012>.

WANG, N.; CHEN, X.; LAN, Q.; SONG, G.; PARSAEI, H.; HO, S.-C. A novel wiki-based remote laboratory platform for Engineering Education. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, v. 10, n. 3, p. 331-341, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2593461>.

ZUTIN, D. G. Online laboratory architectures and technical considerations. *In*: AUER, M.; AZAD, A.; EDWARDS, A.; JONG, T. (ed.). **Cyber-physical laboratories in engineering and science education**. Springer, 2018. Cap. 1, p. 5-16. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6_1).



ESTE LIVRO, DIVIDIDO EM DOIS VOLUMES, POSSUI DIVERSAS CONTRIBUIÇÕES DOS COLEGAS QUE SE ESFORÇARAM DURANTE MESES NA BUSCA DE SOLUÇÕES QUE PUDESSEM SER IMPLEMENTADAS AO LONGO DO PERÍODO EMERGENCIAL REMOTO OCACIONADO PELA PANDEMIA DE COVID-19.

Esperamos que os resultados possam contribuir com o avanço do ensino e aprendizagem na Engenharia, em específico nas diversas áreas da Engenharia Elétrica, abrangidas pela Sociedade Brasileira de Automática (SBA), não sendo impeditivo que o leitor, ao ter contato com o material, possa adaptá-lo para outras áreas, inclusive fora das Engenharias. Alerta-se que a formação dos engenheiros(as) deve ser pautada nas premissas do século XXI. Os desafios cada vez mais complexos da sociedade exigem uma formação voltada para o desenvolvimento de habilidades transversais, além do tradicional acesso a materiais didáticos e atividades em sala de aula. Nesse sentido, o livro traz reflexões que possibilitam um ensino mais ativo do aluno no processo de aprendizagem.

Esperamos que as teorias, os estudos de casos e as inúmeras referências apresentadas ao longo dos capítulos possam fornecer uma contribuição na área de Educação em Engenharia, pensando na formação de redes de pesquisa e extensão e na melhoria da qualidade da formação de engenheiros no século XXI.



[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

**Blucher**



Clique aqui e:

[VEJA NA LOJA](#)

## Práticas pedagógicas remotas em engenharia - Volume 1

Fundamentos e estudos de casos

---

Ademar Gonçalves da Costa Junior, Alan Kardek Rêgo Segundo,  
José Alberto Naves Cocota Junior, Ícaro Bezerra Queiroz de Araújo

ISBN: 9788521221395

Páginas: 230

Formato: 17 x 24 cm

Ano de Publicação: 2024

---