

Metodologia de aprendizagem ativa no ensino de Sistemas de Controle

Categoria: Ensino Superior

Autor: Elias José de Rezende Freitas

elias.freitas@ifmg.edu.br

(31) 98545-0445

R. José Benedito, 139 - Santa Efigênia, Itabirito - MG, 35450-000

Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG Campus Avançado Itabirito

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia de aprendizagem ativa, aplicada à disciplina de Controle Analógico do curso de Engenharia Elétrica do IFMG – Campus Avançado Itabirito. A metodologia consiste em aulas dinâmicas e dispostas de maneira que o aluno seja instigado ao aprendizado ativo na resolução de questões e pequenos desafios até chegar ao desafio final da disciplina. Nesse desafio, cada grupo deve identificar o sistema envolvido, simular e projetar um controlador com base em algumas técnicas de controle estudadas e o implementando por meio de, preferencialmente, amplificadores operacionais, além de elaborar um relatório respondendo a algumas questões teóricas. Por fim, deseja-se verificar com essa metodologia o aprendizado e a capacidade de análise crítica do aluno, além de permitir uma integração com outras disciplinas do curso. Dessa forma, os resultados obtidos e a avaliação dos alunos com relação ao seu aprendizado evidenciam a importância da utilização de uma metodologia de aprendizagem ativa nos cursos de engenharia e a necessidade de se buscar novas abordagens para o ensino clássico de disciplinas, como aquela avaliada neste trabalho.

Palavras-chaves: aprendizagem ativa; sistema de controle, engenharia elétrica.

1 INTRODUÇÃO

A sociedade atual é cada vez mais globalizada, conectada e dinâmica. Porém, ao se observar o ensino, principalmente, no nível superior, percebe-se uma grande defasagem entre o que é ensinado e/ou a maneira como é ensinado e o que é exigido por essa sociedade. Dessa forma, não é raro encontrar situações em que o aluno não possui habilidade de colocar em prática um determinado conceito ou resolver um problema prático.

Assim, para sanar tal problema, são necessárias ferramentas pedagógicas mais eficazes, como diz Ryon Braga na apresentação de (CAMARGO; DAROS, 2018):

“Se entendemos que ser competente é ter a capacidade de agir, mobilizando conhecimentos e habilidades com vistas à tomada de decisão e resolução de problemas diante de uma realidade complexa, precisamos de ferramentas pedagógicas que oportunizem ao estudante a experiência de agir a partir do conhecimento estudado.”

Ou seja, uma metodologia ou ferramenta que coloca o aluno no centro do

processo do aprendizado é essencial, sendo chamada de metodologia de aprendizagem ativa. É evidente que o aluno sempre participa do processo de aprendizagem, porém, muitas vezes o seu papel é apenas o de decorar um conteúdo. Diz-se que uma “aprendizagem é ativa e significativa quando avançamos em espiral, de níveis mais simples para mais complexos de conhecimento e de competências” (BACICH, LILIAN; MORAN, 2018).

Alguns trabalhos na área de engenharia apontam que o uso de metodologias ativas trazem vários benefícios para os alunos, como: motivação, maior profundidade dos conceitos, capacidade de aplicar o conceito, capacidade de projetar que possibilita o desenvolvimento de um pensamento crítico (JAYARAM, 2014) (HOSSEINZADEH; HESAMZADEH, 2012). Em (FREITAS, et al., 2013), o autor apresenta uma metodologia baseada na “Motivação pelo Desafio”, realizada durante as aulas de laboratório, com o objetivo de desenvolver o controle de velocidade de um protótipo de esteira transportadora, utilizando material de “sucata”. Já em (ARAÚJO et al., 2016) é apresentado um modelo híbrido de Aprendizagem Baseada em Problemas aplicado ao curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, na qual os alunos deveriam realizar uma pesquisa de problemas na área e apresentar suas próprias soluções.

Nesse contexto, este trabalho apresenta uma experiência da aplicação de uma metodologia de aprendizagem ativa para a disciplina de Controle Analógico, no curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG, Campus Avançado Itabirito. Partes deste texto serão publicadas no periódico do XI Congresso Internacional em Educação em Engenharia e Computação - ICECE2019, Portugal.

As próximas seções estão organizadas como segue. A Seção 2 apresenta os objetivos da metodologia proposta e a Seção 3 detalha essa metodologia. Os resultados alcançados durante as atividades realizadas e as respostas e análise dos questionários de avaliação são descritos na Seção 4. Por fim, a Seção 5 expõe as conclusões e aponta os trabalhos futuros.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta metodologia de aprendizagem ativa é promover uma alternativa às aulas tradicionais de sistemas de controle no ensino superior, deixando de ser o professor o centro da aprendizagem e depositando maior relevância na participação ativa e na responsabilidade do aluno durante o seu aprendizado.

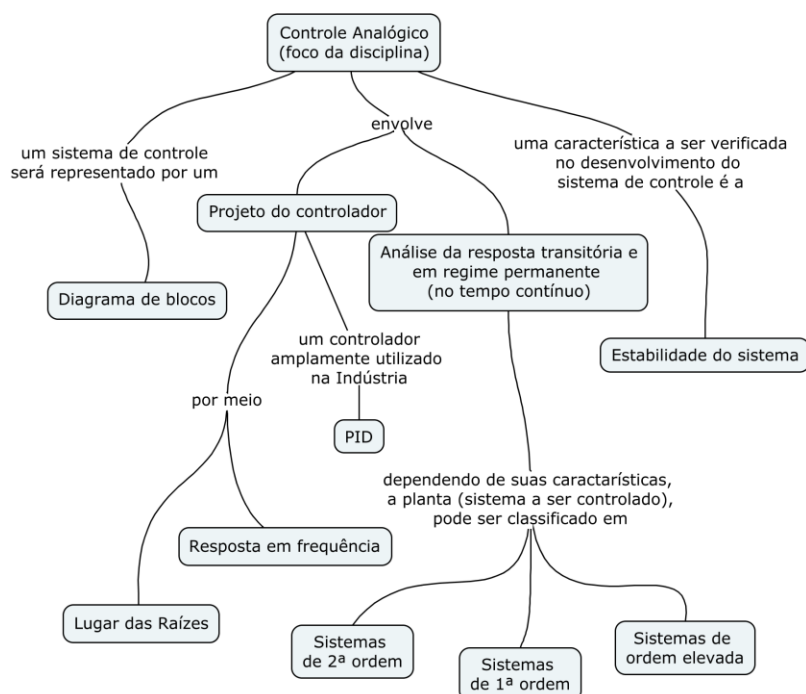
Como objetivos específicos pode-se citar:

- Desenvolver uma capacidade crítica e analítica de problemas;
- Aumentar a motivação e o empenho dos alunos;
- Desenvolver e analisar sistemas de controle, desde a identificação desses sistemas até o projeto de um controlador, utilizando as diversas ferramentas apresentadas na teoria de controle;
- Integrar o conteúdo já aprendido em outras matérias, como eletrônica e circuitos elétricos, com o conteúdo específico da disciplina.

3 METODOLOGIA

A primeira etapa da aplicação da metodologia de aprendizagem deste trabalho constituiu do planejamento e do levantamento de um mapa conceitual da disciplina escolhida, Controle Analógico, como pode ser visto na Figura 1.

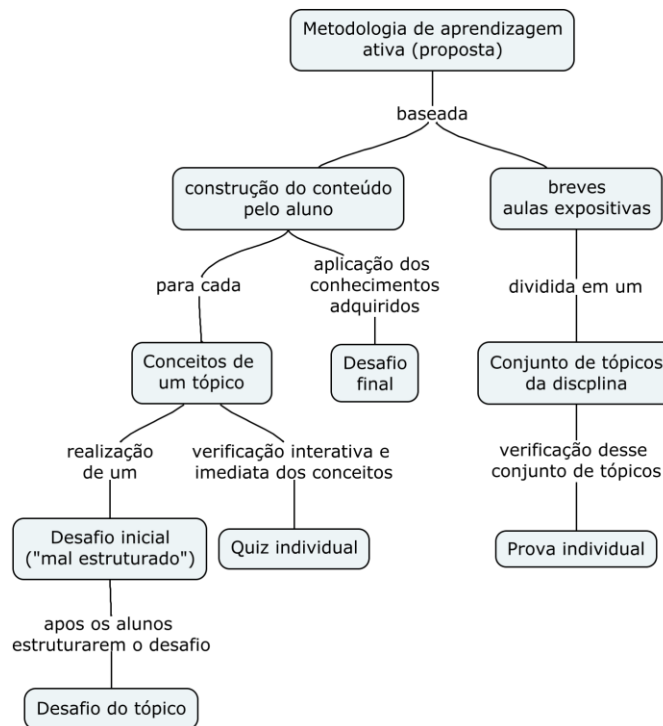
Figura 1 - Síntese do mapa conceitual da disciplina.



Essa disciplina pertence à grade obrigatória do curso de Engenharia Elétrica do IFMG-Campus Avançado Itabirito, sendo ofertada no 8º período. Dessa forma, de maneira geral, alunos matriculados possuem uma base mais sólida de conhecimentos de matemática, física e eletrônica. Porém, a motivação da aplicação de uma metodologia ativa foi, neste caso, a união entre a percepção da necessidade que os alunos tinham de aplicar os seus conhecimentos e o desejo de tornar mais concreto o conteúdo da disciplina.

De maneira sintetizada, a Figura 2 apresenta a metodologia proposta. Como a disciplina apresenta novos conteúdos, os quais os alunos fazem o primeiro contato na disciplina, adotou-se aulas expositivas que na medida do possível foram mais breves de cada tópico da matéria, geralmente, com duração de 1h, intercaladas com uma das atividades propostas: *quizzes* ou desafios.

Figura 2 - Síntese da Metodologia de aprendizagem ativa proposta neste trabalho.



De maneira geral, os *quizzes* visam a verificação rápida e interativa, junto ao aluno, dos conceitos expostos, por meio de perguntas e respostas diretas. Alguns *quizzes* foram realizados na forma prática, onde o aluno deveria simular e analisar os dados obtidos, como exemplificado nos resultados da Seção 5.

Por sua vez, os desafios propostos ao longo das aulas possuem uma grande importância na metodologia adotada, eles fazem parte da construção/assimilação do conteúdo pelo aluno. Semelhante a uma abordagem de aprendizagem baseada em problemas, o desafio inicial proposto para o aluno, normalmente, é mal estruturado, ou seja, faltam elementos a serem acrescentados pelos próprios alunos. Dessa forma, com base nas suas perguntas, o desafio é estruturado e, assim, implementada uma solução referente ao tópico tratado.

Um exemplo de desafio proposto foi a identificação de um sistema real de segunda ordem construído utilizando circuitos amplificadores, conforme o link: <http://tinyurl.com/y49xt89u>. Os alunos, inicialmente, realizaram medidas da saída

desse sistema ao aplicarem uma entrada degrau unitária. Após perceberem que se tratava de um sistema com aspecto de segunda ordem, visto na exposição teórica, levantaram um modelo matemático, a partir da medida do período das oscilações amortecidas, do sobressinal etc. Para finalizar o desafio, os alunos fizeram um relatório unindo suas conclusões e análises realizadas durante a realização da tarefa.

Como proposto pela metodologia, no final da disciplina, o aluno é submetido a um desafio final, no qual deverá aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do semestre e se preparar para a segunda prova individual. Espera-se que o aluno seja capaz de analisar e identificar um sistema e projetar um controlador que permita que a saída desse sistema siga determinadas condições desejáveis. Dessa forma, a planta desafio proposta é apresentada no link: <http://tinyurl.com/y5s5huem>, sendo montada utilizando amplificadores. Observa-se que esse tipo de montagem, possibilita uma integração com outras disciplinas relacionadas à eletrônica e aos circuitos elétricos.

Os alunos foram estimulados durante esse desafio final a buscar um controlador que satisfaça algumas condições fixadas, inicialmente, apenas com um ganho em malha fechada e a verificar se esse ganho seria capaz de obter o resultado desejado, analisando o lugar das raízes. Após essa análise, foi pedido para projetar um controlador, por exemplo, utilizando a resposta em frequência da planta, e depois projetar um controlador PID, por exemplo, pelo método de Ziegler-Nichols. Nota-se que nesse desafio final o aluno se depara com todas as ferramentas estudadas durante o semestre, fomentando a aplicação prática e a união dos conhecimentos adquiridos nos diversos tópicos.

Por último, outro aspecto importante da metodologia ativa é a avaliação do aluno, que deve fazer parte do processo de sua aprendizagem (PIRONEL, M.; VALLILO, 2017), ou seja, a avaliação deve ser pensada de maneira a favorecer e estimular os alunos a pensar. Dessa forma, foram propostas atividades de avaliação e a sua pontuação, durante um semestre, conforme Tabela 1. É possível perceber a valorização dos exercícios individuais (no formato de *quizzes*) juntamente com os desafios realizados em grupo, totalizando 50% dos pontos da disciplina.

Com o objetivo de melhorar e de acelerar a comunicação entre o professor e os alunos, buscou-se dentre as várias ferramentas uma que atendesse a essa expectativa. Optou-se, então, pela plataforma Google Sala de Aula (*Google Classroom*). Nela todos os alunos têm acesso aos conteúdos, às atividades, além de

poderem enviar os resultados, receberem as notas respectivas e postarem em um mural as dúvidas e perguntas relativas à disciplina.

Tabela 1 - Atividades de avaliação e a pontuação correspondente.

Pontuação	Atividades de avaliação
25%	1ª Prova
25%	2ª Prova
6%	Quizzes
24%	Desafios práticos
20%	Desafio final

4 RESULTADOS

4.1 Avaliação dos alunos

Como proposto inicialmente, desejou-se verificar com essa metodologia diversos aspectos, como a motivação, a capacidade de aprendizado e de análise do aluno, além de permitir uma interface com outras disciplinas do curso. Dessa forma, como em (JAYARAM, 2014), foi realizado um questionário online, conforme o link: <https://forms.gle/urKaUbcoNT5Wwcqh7>, com os sete alunos matriculados na disciplina no primeiro semestre de 2019 e com os dez alunos matriculados e ainda cursando a disciplina no segundo semestre de 2019¹.

Analisando os dados coletados dessa avaliação, percebe-se que o resultado com relação, principalmente, ao aprendizado e à motivação foi relevante para os alunos, como mencionado qualitativamente por eles:

- Aluno 1: “A aprendizagem foi muito boa, pois o desenvolvimento dos trabalhos práticos gerou motivação e interesse pela disciplina e em resolver os problemas propostos. Com isso, teve-se também maior participação dos alunos e do professor no aprendizado”.

- Aluno 2: “A utilização de diferentes desafios permite uma maior fixação do conteúdo estudado. Trabalhos realizados em equipes criam experiências similares ao que será encontrado pelos alunos no mercado de trabalho e problemas envolvendo situações de controle real traz uma motivação diferente da que se tem normalmente com métodos tradicionais”.

- Aluno 3: “Metodologia eficaz, uma vez que o professor sempre requer a atenção ativa e participação dos alunos. Acredito que a aula em laboratório fez a diferença para essa matéria”.

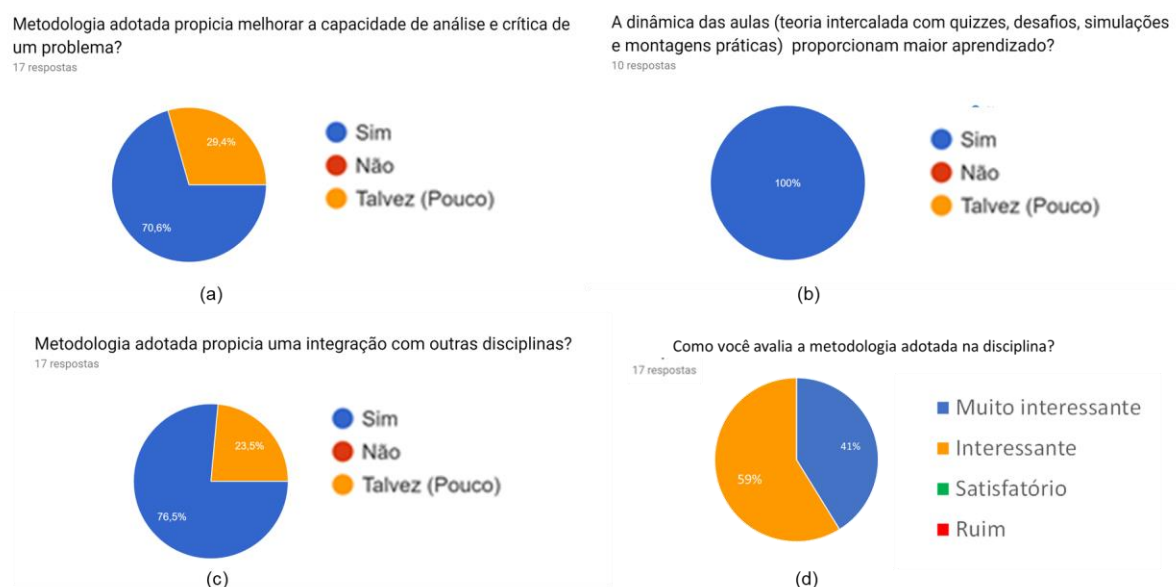
¹ O curso de Engenharia Elétrica do IFMG- Campus Avançado de Itabirito possui uma característica, comum também em outros Institutos, de possuir poucos alunos cursando os últimos períodos.

- Aluno 4: “A metodologia ativa nos estimula a pensar não somente para resolver questões de livros, mas sim, em resolver problemas de engenharia da forma que engenheiros devem resolver, aplicando o conceito.”

- Aluno 5: “O professor incentiva a visualização de problemas e como solucioná-los, utilizando os conceitos matemáticos da disciplina. Isso auxilia bastante na prática do futuro engenheiro”.

A Figura 3 apresenta alguns dos resultados quantitativos obtidos dos questionários. Fica evidenciada a positividade da metodologia adotada, relacionada aos objetivos específicos, como o de melhorar a capacidade de análise e de crítica de problemas e da integração com outras disciplinas. Observa-se também que a dinâmica das aulas auxiliou durante o aprendizado dos alunos, intercalando a matéria teórica com questões práticas, com simulação e com a montagem real de circuitos eletrônicos. Além disso, verificou-se que a divisão dos pontos propostos para as atividades avaliativas e do uso da ferramenta Google Sala de Aula para auxiliar no desenvolvimento da disciplina, na gestão dos conteúdos e no envio dos desafios, foram considerados também pontos positivos.

Figura 3 - Resultados obtidos na aplicação de um questionário de avaliação para a disciplina.

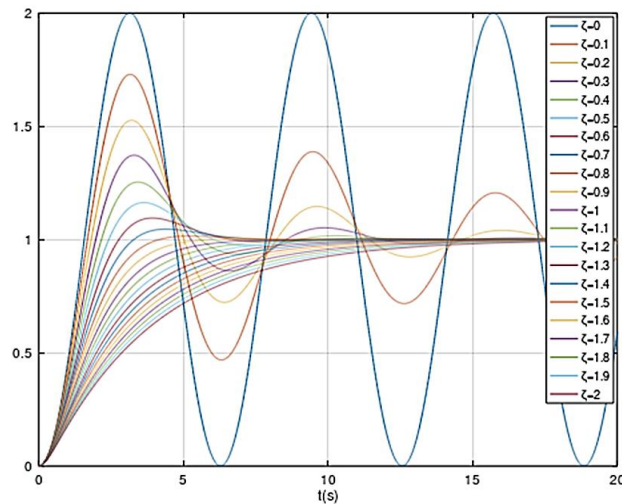


4.2 Resultados dos quizzes e desafios

Nessa seção são apresentados alguns resultados obtidos pelos alunos durante a execução dos *quizzes*, dos desafios parciais e do desafio final. Com o intuito de tornar mais concreto e ser o próprio aluno a obter as conclusões relativas à resposta ao degrau unitário de um sistema de segunda ordem, variando tanto o parâmetro de

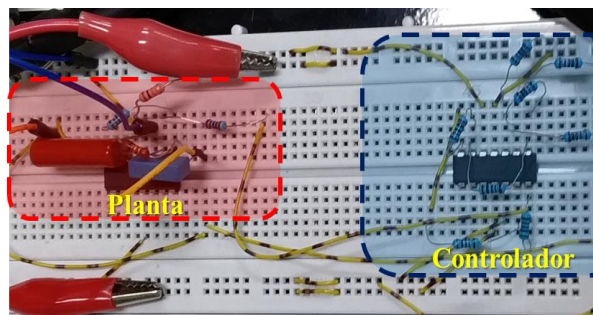
taxa de amortecimento, quanto a frequência natural, foi realizado, como exemplo, um Quiz Prático, utilizando o programa Octave. Dessa maneira, os alunos obtiveram, por eles mesmos, uma figura recorrente nos livros de sistemas de controle (OGATA, 2010), apresentada na Figura 4, que muitas vezes gera confusão no entendimento do aluno.

Figura 4 - Resultado de um Quiz Prático: Variação da saída em relação à variação da taxa de amortecimento.



O resultado da simulação do controlador desenvolvido por um dos alunos do desafio final pode ser visualizado no link: <http://tinyurl.com/y4g9z5qj>. Um dos alunos também implementou o circuito projetado em um protoboard, visto na Figura 5. Verifica-se que os critérios desejados foram satisfeitos, tanto na simulação quanto na implementação física, validando o controlador proposto e a teoria estudada.

Figura 5 - Montagem do sistema de controle desenvolvido em protoboard.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma experiência de aplicação de uma metodologia de aprendizagem ativa na área de sistemas de controle. A metodologia proposta neste trabalho foi bem avaliada pelos alunos e os resultados obtidos nos desafios realizados foram muito satisfatórios, indicando uma alternativa às aulas tradicionais de sistemas

de controle e evidenciando a importância da utilização de uma metodologia de aprendizagem ativa nos cursos de engenharia.

Um aspecto importante levantado pelos alunos foi a necessidade de uma maior carga horária da disciplina, já que o tempo para a realização do desafio final insuficiente, limitando a maioria dos alunos a ficarem apenas na simulação dos circuitos. Uma solução a essa dificuldade poderia ser dar mais enfoque nos meses finais à implementação física dos sistemas de controle projetados.

Como trabalho futuro, pretende-se iniciar um projeto de ensino, envolvendo os alunos, na criação de kits didáticos de sistemas de controle que possam auxiliar na realização dos desafios, permitindo o maior contato com a implementação real e com os desafios práticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, W. J. De et al. **Aprendizagem por problemas no ensino de Engenharia.** *Revista Docência do Ensino Superior*, [s.l.], v. 6, nº 1, p. 57–90, 2016. ISSN: 2237-5864, DOI: 10.35699/2237-5864.2016.2077.

BACICH, LILIAN; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora.** 2018. 297 p. ISBN: 978-85-8429-116-8.

CAMARGO, F.; DAROS, T. **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo.** Porto Alegre: Penso, 2018. 144 p. ISBN: 8584291199.

FREITAS, E. J. de R.; FARIA, Michelle et al. **Controle de velocidade de uma esteira transportadora.** *VIII International Conference on Engineering and Computer Education*, Luanda, p. 152–155, 2013.

HOSSEINZADEH, N.; HESAMZADEH, M. R. **Application of project-based learning (PBL) to the teaching of electrical power systems engineering.** *IEEE Transactions on Education*, v. 55, nº 4, p. 495–501, 2012. ISSN: 00189359, DOI: 10.1109/TE.2012.2191588.

JAYARAM, S. **Implementation of Active Cooperative Learning and Problem-based Learning in an Undergraduate Astrodynamics Course.** In: *ASEE Annual Conference and Exposition*, 2014.

MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências: Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo.** *do autor.* Porto Alegre: [s.n.], 2016. v. 1, 64 p.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno.** *Control Engineering*. 5 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 912 p. ISBN: 9788576058106.

PIRONEL, M.; VALLILO, S. A. M. **O papel da Avaliação na Metodologia de Ensino-Aprendizagem-Avaliação de Matemática através da Resolução de Problemas.** *Perspectivas para Resolução de Problemas*. 1 ed.: Editora Livraria da Física, 2017. p. 279–304.