

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Italo Rodeghiero Neto

**O ENSINO DA ERGONOMIA E A APRENDIZAGEM
ATIVA: UM ESTUDO MULTICASO DA INSERÇÃO DE
ESTRATÉGIAS E AVALIAÇÃO DE COMPETÊNCIAS
NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Porto Alegre

2024

Italo Rodeghiero Neto

**O ENSINO DA ERGONOMIA E A APRENDIZAGEM ATIVA: UM ESTUDO
MULTICASO DA INSERÇÃO DE ESTRATÉGIAS E AVALIAÇÃO DE
COMPETÊNCIAS NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. Fernando
Gonçalves Amaral, Dr.

Porto Alegre

2024

Italo Rodeghiero Neto

O ensino da ergonomia e a aprendizagem ativa: um estudo multicaso da inserção de estratégias e avaliação de competências na engenharia de produção

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Fernando Gonçalves Amaral,
Dr.
Orientador PPGE/UFGRS

Prof. Michel José Anzanello, Dr.
Coordenador PPGE/UFGRS

Banca Examinadora:

Professora Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dra. (PPGE/UFSC)

Professora Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco, Dra. (DEPROT/UFGRS)

Professor Thiago Gomes de Lima, Dr. (UFRJ/Macaé)

Dedico este trabalho aos meus pais e aos meus professores: pessoas que demonstraram a importância do ensino e da educação e me levaram à escolha desta profissão.

AGRADECIMENTOS

Concluir uma etapa da carreira profissional é sempre uma alegria, mas o melhor mesmo é quando o processo é compartilhado com pessoas que trazem esta mesma alegria em cada momento. Ao longo destes quatro anos, tive o apoio fundamental de diferentes pessoas. Sendo assim, nada melhor que utilizar este espaço para nomeá-los e fazê-los entender o quanto são importantes para mim. Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha família por todo o apoio e segurança ao longo deste processo, em especial: aos meus pais, Mariângela e Sonei, meus irmãos Roberta e Gustavo, minha cunhada Isadora e minhas sobrinhas Gabriela e Lívia. Ao Lucas Galho, por todo o companheirismo e parceria durante estes anos. Por fim, trago meus amigos mais que especiais, que nunca me deixaram na mão: Millena, Rodrigo, Aline, Larissa e Mariana.

Este trabalho só foi desenvolvido devido ao auxílio, parceria e todos os ensinamentos compartilhados pelo meu orientador e professor Fernando Amaral. Durante os quatro anos do doutorado, ele esteve ao meu lado, me acompanhando em todos os processos. Agradeço também aos comentários, considerações e percepções da banca, os professores Thiago Gomes, Maria Tinoco e Lizandra Vergara. Por fim, deixo meu obrigado ao PPGEP/UFRGS, e a todos os professores, colegas e profissionais que ali trabalham, bem como a CAPES pela bolsa cedida ao longo destes 4 anos.

Gostaria também de agradecer a equipe NECSSO/UFRGS, por toda a ajuda para a realização do meu doutorado. Ao longo disso, pude fazer grandes amigos que se tornaram além de colegas de profissão, dos quais hoje compartilho meus anseios e sonhos. Desta maneira, agradeço ao Lucas, Lara, Íris, Paula e Laura. Também agradeço aos bolsistas Thiago e Marcos, pelas atividades realizadas ao longo de suas bolsas de iniciação científica. Por fim, e nada menos importante, aos mais de 180 alunos da graduação em Engenharia de Produção da UFRGS que compartilharam comigo suas experiências durante as mais de 600 horas de aula.

Por fim, e nada menos importante, agradeço à Deus. Sem Ele, todos os trabalhos e todas as pessoas citadas acima não estariam em minha vida.

*“Se a educação não for provocativa,
não constrói, não se cria, não se
inventá, só se repete.”*

Mario Sérgio Cortela

RESUMO

O ensino da ergonomia em cursos de engenharia de produção evidencia a importância da adaptação do sistema produtivo sob a ótica do trabalhador, buscando desenvolver junto ao estudante a responsabilidade social e a ética em situações de trabalho. Assim, é necessário investigar as estratégias de ensino utilizadas e as competências desenvolvidas para atender o ensino da ergonomia, mesmo existindo uma grande dificuldade de reproduzir cenários da realidade produtiva entre os estudantes em sala de aula. Portanto, o objetivo geral desta tese é propor e avaliar estratégias de aprendizagem ativa no ensino da ergonomia capazes de desenvolver as competências necessárias para o futuro engenheiro de produção. Para isto, a metodologia baseou-se em um estudo multicaso em seis semestres distintos, além de uma revisão sistemática e investigações em diferentes frentes, como a opinião do mercado, padrões e normas de estudo e características das disciplinas de ergonomia no Brasil. Os resultados iniciais demonstraram uma lista de estratégias de aprendizagem ativa utilizadas para o ensino da ergonomia, bem como as vantagens e desvantagens de suas aplicações. Em seguida, os principais conteúdos programáticos e competências transversais foram investigadas, entendendo a necessidade do ensino durante as aulas de ergonomia. Ao final, planos de ensino para três disciplinas vinculadas a ergonomia em um curso de engenharia de produção foram desenvolvidos e testados ao longo de seis semestres letivos. Como principais resultados, oito estratégias de aprendizagem ativa foram identificadas como aceitas por estudantes e professores para o ensino da ergonomia. Em paralelo, uma série de competências técnicas e transversais puderam ser desenvolvidas pela autoavaliação dos estudantes, evidenciando as principais delas pela ótica do mercado e da literatura. Ao final, pode-se sugerir planos de ensino padrão para o ensino da ergonomia em cursos de engenharia de produção, a partir de características principais, estratégias de aprendizagem ativa e competências técnicas e transversais.

Palavras-chave: Ergonomia. Aprendizagem ativa. Competências. Engenharia de Produção. Estudo multicaso.

ABSTRACT

The teaching of ergonomics in industrial engineering undergraduates highlights the importance of adapting the production system from the worker's perspective, seeking to develop social responsibility and ethics in work situations with the student. Therefore, it is necessary to investigate the teaching strategies used and the competencies developed to teach ergonomics, even though there is great difficulty in reproducing productive reality scenarios among students in the classroom. Therefore, the general objective of this thesis is to propose and evaluate active learning strategies in teaching ergonomics that can develop the necessary skills for future production engineers. For this, the methodology was based on a multi-case study in six different semesters, in addition to a systematic review and investigations on different fronts, such as market opinion, study standards and norms and characteristics of ergonomics courses in Brazil. The initial results demonstrated a list of active learning strategies used to teach ergonomics, as well as the advantages and disadvantages of their applications. Then, we investigated the main program content and transversal competencies, understanding the need for teaching during ergonomics classes. In the end, teaching plans for three subjects linked to ergonomics in an industrial engineering course were developed and tested over six academic semesters. As main results, eight active learning strategies were identified as accepted by students and teachers for teaching ergonomics. In parallel, a series of technical and transversal competencies could be developed through the students' self-assessment, highlighting the main ones from the perspective of the market and literature. In the end, standard teaching plans can be suggested for teaching ergonomics in industrial engineering courses, based on main characteristics, active learning strategies and technical and transversal competencies.

Keywords: Ergonomics. Active learning. Competencies. Industrial engineering. Multi-case study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Situação atual da divisão de blocos do curso de Engenharia de Produção UFRGS	30
Figura 02 – Representação do estudo multicaso	31
Figura 03 – Estrutura da tese e os achados principais.....	33
Figura 04 – Estratégia de pesquisa da revisão	47
Figura 05 – Estrutura da pesquisa de acordo com o protocolo PRISMA 2020	49
Figura 06 – Artigos selecionados de acordo com o ano e base de dados	52
Figura 07 – Número de citações dos artigos da revisão sistemática.....	53
Figura 08 – Estratégias de aprendizagem ativa utilizadas pelos autores	56
Figura 09 – Modelo teórico desenvolvido com base nesta revisão sistemática	69
Figura 10 – Início da etapa do planejamento	86
Figura 11 – Procedimentos metodológicos para a investigação das disciplinas.....	97
Figura 12 – Porcentagem dos tópicos atendidos em disciplinas de ergonomia.....	102
Figura 13 – Formação dos professores de ergonomia em cursos de engenharia de produção	104
Figura 14 – Planos de ensino de disciplinas de ergonomia em engenharia de produção.....	113
Figura 15 – Complemento da etapa de planejamento.....	128
Figura 16 – Competências do <i>Core Competencies</i> em ergonomia	132
Figura 17 – Comparativo de competências técnicas da pesquisa.....	146
Figura 18 – Comparativo de competências transversais da pesquisa	149
Figura 19 – Perfil esperado pelo mercado de trabalho do profissional de ergonomia.....	154
Figura 20 – Início da etapa de implementação e análise	166
Figura 21 – Estrutura de avaliação do estudo multicaso.....	178
Figura 22 – Resultados do questionário Index Learning Style para cada área.....	179
Figura 22 – Resumo das estratégias de ensino utilizadas no ensino da ergonomia.....	191

Figura 23 – Modelo teórico validado por esta tese.....	211
Figura 24 – Avaliação das competências transversais desenvolvidas por estratégias de aprendizagem ativa.....	215

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Protocolo da revisão sistemática	47
Quadro 02 – Média e desvio padrão das questões avaliadas nos artigos	54
Quadro 03 – Principais competências desenvolvidas por estratégias de Aprendizagem Ativa	63
Quadro 04 – Exemplo de estratégias de aprendizagem ativa mais usadas no ensino da SSO	96
Quadro 05 – Caracterização da amostra de entrevistados	137
Quadro 06 – Características das disciplinas do estudo multicaso.....	175
Quadro 07 – Autoavaliação das competências técnicas e transversais pelos estudantes.....	185
Quadro 08 – Avaliação das estratégias de aprendizagem ativa observadas na tese.....	213
Quadro 09 – Avaliação das principais competências transversais desenvolvidas por estratégias de aprendizagem ativa analisadas na tese.....	214

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Síntese das principais características dos artigos da revisão sistemática.....	51
Tabela 02 – Número de IES e disciplinas encontradas na busca	98
Tabela 03 – Características principais das disciplinas de ergonomia em ENADE 5 e 4.....	100
Tabela 04 – Avaliação das estratégias de aprendizagem pelos estudantes ..	183

LISTA DE SIGLAS

ABEPRO	Associação Brasileira de Engenharia de Produção
ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
AEP	Avaliação Ergonômica Preliminar
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
AFT	Auditores Fiscais do Trabalho
AT	Atratividade em sala
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBT	<i>Competency-based Learning</i>
CC IEA	<i>Core Competencies da International Ergonomics Association</i>
CH	Carga Horária
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COMGRAD	Comissão de Graduação
COVID-19	<i>Corona Virus Disease 19</i>
DC	Desenvolvimento de Competência
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
DORT	Distúrbio Osteomuscular Relacionados ao Trabalho
DP	Desvio Padrão
Dr	Doutor (a)
EAD	Ensino a Distância

e-MEC	Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior
ENADE	Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
ENG	Engenharia
EP	Engenharia de Produção
ERG	Ergonomia
GTEFE	Grupo Técnico de Ensino e Formação em Ergonomia
h	Horas
IEA	<i>International Ergonomics Association</i>
IES	Instituição de Ensino Superior
ILS	<i>Index Learning Style</i>
ISO	<i>International Organization of Standardization</i>
LAPES	Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software
LER	Lesão por Esforço Repetitivo
M	Média
MEC	Ministério da Educação
MESH	<i>Medical Subjects Headings</i>
MOD	Modalidade
N ERG BR	Norma de Ergonomia Brasileira da ABERGO
NBR	Norma Técnica Brasileira
NIOSH	<i>National Institute of Occupational and Safety Health</i>
NR	Norma Regulamentadora
OCRA	<i>Occupational Repetitive Actions</i>
OHS	<i>Occupational Health and Safety</i>
OIT	Organização Internacional do Trabalho

OMS	Organização Mundial da Saúde
OWAS	<i>Ovako Working Posture Analysis System</i>
PBL	<i>Problem-based Learning</i>
PDP	Projeto de Desenvolvimento de Produto
PICO	<i>Population, Intervention, Control and Outcomes</i>
PjBL	<i>Project-based Learning</i>
PMG	Programa de Modernização da Graduação
PPC	Projeto Pedagógico do Curso
PPGEP	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>
Prof	Professor (a)
PS	<i>Problem-Solving</i>
REBA	<i>Rapid Entire Body Assessment</i>
RQ	<i>Research Question</i>
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
RULA	<i>Rapid Upper Limb Assessment</i>
SAI	<i>Social Accountability International</i>
ScBL	<i>Scenario-based Learning</i>
SEM	Semestre
SESMT	Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho
SiBL	<i>Simulation-based Learning</i>
SLP	<i>Service Learning Project</i>
SSO	Saúde e Segurança Ocupacional
SST	Saúde e Segurança do Trabalho

START	<i>State of Art through Systematic Review</i>
STEM IPBL	<i>Science, Technology, Engineering, and Mathematics in Interdisciplinary Project-based Learning</i>
TBL	<i>Team-based Learning</i>
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
WBL	<i>Web-based Learning</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	20
	1.1 TEMA DA TESE	23
	1.2 OBJETIVOS	25
	1.3 JUSTIFICATIVA	26
	1.4 METODOLOGIA DA TESE.....	28
	1.4.1 Cenário do Estudo.....	29
	1.4.2 Procedimentos metodológicos.....	30
	1.5 ESTRUTURA DA TESE	33
	REFERÊNCIAS.....	36
2.	ARTIGO 01 – O ensino da Saúde e Segurança Ocupacional em engenharia com o uso de aprendizagem ativa: uma revisão sistemática da literatura.....	41
	2.1 INTRODUÇÃO	42
	2.2 METODOLOGIA.....	45
	2.2.1 Etapa 01 – Formulação da questão de pesquisa	46
	2.2.2 Etapa 02 – Localização dos estudos	46
	2.2.3 Etapa 03 – Seleção e avaliação dos estudos	47
	2.2.4 Etapa 04 – Análise e Síntese.....	48
	2.2.5 Etapa 05 – Relatório e uso dos resultados	48
	2.3 RESULTADOS.....	50
	2.3.1 Análise quantitativa.....	50
	2.3.2 RQ1 – Estratégias de aprendizagem ativa usadas no ensino da SSO.....	55
	2.3.3 RQ2 – Vantagens e desvantagens do uso de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da SSO.....	59
	2.3.4 RQ3 – Competências desenvolvidas com o uso de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da SSO.....	62
	2.4 DISCUSSÃO	65
	2.5 CONCLUSÃO.....	71
	REFERÊNCIAS.....	73
	APÊNDICE A	80
	APÊNDICE B	81
3.	DAS ESTRATÉGIAS DE ENSINO À EMENTA DA DISCIPLINA.	85

4.	ARTIGO 2 – COMO SÃO AS DISCIPLINAS DE ERGONOMIA EM CURSOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO?	89
4.1	INTRODUÇÃO	90
4.2	REFERENCIAL TEÓRICO	92
4.2.1	A multidisciplinaridade da ergonomia na Engenharia de Produção	92
4.2.2	Pontos essenciais no projeto de uma disciplina	94
4.3	METODOLOGIA	96
4.4	RESULTADOS	100
4.4.1	Características iniciais	100
4.4.2	Conteúdo programático das disciplinas	101
4.4.3	Formação dos professores de ergonomia	104
4.4.4	Metodologia de ensino nas disciplinas de ergonomia	106
4.5	DISCUSSÃO	108
4.6	CONTRIBUIÇÕES GERAIS	112
4.7	CONCLUSÃO	115
	REFERÊNCIAS	117
	APÊNDICE C	124
5.	DA EMENTA DA DISCIPLINA ÀS COMPETÊNCIAS ESSENCIAIS	127
6.	ARTIGO 03 – As competências em ergonomia na formação de engenheiros de produção: o perfil esperado por atuantes do mercado de trabalho	130
6.1	INTRODUÇÃO	131
6.2	METODOLOGIA	135
6.3	RESULTADOS	138
6.4	DISCUSSÃO	145
6.5	CONCLUSÃO	154
	REFERÊNCIAS	156
	APÊNDICE D	163
7.	DO FIM DAS INVESTIGAÇÕES AO INÍCIO DAS AVALIAÇÕES	165
8.	ARTIGO 04 – Avaliação de diferentes estratégias de aprendizagem ativa para o ensino da ergonomia	169

8.1	INTRODUÇÃO	170
8.2	METODOLOGIA.....	174
8.2.1	Seleção de estudo.....	174
8.2.2	Coleta de dados	175
8.2.3	Desenho de pesquisa	177
8.3	RESULTADOS	179
8.3.1	Estilo de aprendizagem dos estudantes	179
8.3.2	Observação sistemática das estratégias por professores	180
8.3.3	Avaliação crítica das estratégias pelos estudantes	182
8.3.4	Autoavaliação do desenvolvimento de competências dos estudantes.....	184
8.4	DISCUSSÃO	186
8.5	CONCLUSÃO.....	192
	REFERÊNCIAS.....	194
	ANEXO A.....	202
	APÊNDICE E	203
	APÊNDICE F.....	206
	APÊNDICE G	207
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	210
9.1	CONTRIBUIÇÕES GERAIS DA PESQUISA	211
9.2	LIMITAÇÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	216

1. INTRODUÇÃO

A engenharia de produção é uma área multidisciplinar onde os profissionais são capazes de otimizar, reduzir e melhorar os sistemas produtivos em geral (ABEPRO, 2023). Para que isto seja possível são utilizadas diferentes teorias, óticas e filosofias, como o Planejamento e Controle da Produção, a Engenharia de Qualidade, o *Lean Manufacturing*, a Logística e a Gestão da Cadeia de Suprimentos, a Ergonomia e Segurança do Trabalho (Eskandari et al., 2007).

No contexto laboral da engenharia de produção, a ergonomia e a segurança do trabalho é a ótica de melhoria do sistema produtivo baseado no investimento, cuidado e percepção do trabalhador (Neumann e Dul, 2010). O profissional especialista na área de ergonomia atua na adaptação do trabalho ao trabalhador, buscando a melhoria a partir da percepção de quem realiza as atividades (Bures, 2015; Black et al., 2023). Por meio de verbalizações e observações das situações de trabalho é possível melhorar as tarefas realizadas, buscando uma maximização do conforto, da segurança e da autonomia.

Desta maneira, diferentes propostas podem ser realizadas nas frentes de trabalho da ergonomia, como o conteúdo do trabalho, os fatores humanos e ambientais, a carga de trabalho relacionada, a organização e medições do trabalho e seu respectivo layout (Dul et al., 2012). A partir da avaliação destes diferentes conceitos, a engenharia de produção espera de seu profissional uma contribuição para o aumento da produtividade e a redução dos desperdícios, aliado aos preceitos ergonômicos com o enfoque ao trabalhador. Além disto, pela adaptação do trabalho ao trabalhador é possível reduzir Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) e o aumento do bem-estar laboral, mas também do ponto de vista psicofisiológico e social (Sanchez, 2014).

No intuito de garantir o melhor processo de aprendizagem destes futuros engenheiros é a área da educação em engenharia foi criada. Sendo uma subárea da Engenharia de Produção, as pesquisas por ela direcionadas buscam as estratégias que mais se assemelham aos conteúdos ensinados, bem como diferentes formas de avaliar trabalhos realizados em sala de aula (Litzinger et al., 2011). Portanto, os resultados de ações provenientes da área de educação

em engenharia estão no suporte aos professores, no desenvolvimento de um programa para o ensino e na melhoria do ambiente acadêmico.

Desta maneira, as disciplinas que ensinam aos engenheiros sobre as abordagens de ergonomia precisam ser bem pensadas e planejadas também com o auxílio da educação em engenharia. O futuro engenheiro de produção que ingressará no mercado de trabalho deverá ser bem qualificado aos preceitos da adaptação do trabalho (Neumann e Dul, 2010; Pollock, 2013) e entendendo que isto faz parte do seu cotidiano, aliado à sua responsabilidade social com o trabalhador (Berlin et al., 2014; SAI, 2014). Para o planejamento destas disciplinas, diferentes fatores são essenciais: (i) a estratégia pedagógica de ensino, (ii) preparação do conteúdo a ser ensinado e, (iii) os quesitos avaliativos no decorrer do processo.

A estratégia pedagógica de ensino é o primeiro fator que se pensa em planejamento de disciplinas, visto que está relacionada com o modo de ensinar. As estratégias tradicionais, conceitualmente, têm o professor como centro de sala de aula e detentor do conhecimento, que é transmitido ao estudante a partir da explicação, da escrita e demonstração (Agrawal e Khan, 2008; Nguyen et al., 2020). Entretanto, pelas teorias construtivistas, diferentes pesquisadores (Felder et al., 2011; Freeman et al., 2014; Marra et al., 2021; Swuste et al., 2021; Colim et al., 2022) defendem a andragogia a partir de uma ótica mais ativa. Estes pesquisadores afirmam que a inserção de práticas e interações entre os estudantes é uma abordagem melhor de ensino, em relação ao desempenho do conhecimento adquirido, a formação continuada e a motivação.

As estratégias de aprendizagem ativas procuram garantir o aumento da participação e proatividade dos estudantes, principalmente devido às atividades desenvolvidas pela discussão entre colegas e na interação com empresas e indústrias (Shekar, 2007; Sánchez-Lite et al., 2022). Pela necessidade do desenvolvimento da comunicação e da solução de problemas, estas metodologias visam adaptar o processo de ensino por abordagens e experiências práticas, a partir do trabalho em equipe dos estudantes para o desenvolvimento dos conteúdos e competências (Castillo-Sepúlveda e Pasmiaik,

2021; Colim et al., 2022). Portanto, são classificadas como centradas no aluno, desenvolvendo diferentes competências e melhorando a experiência de ensino.

O segundo fator é relacionado à construção do conteúdo a ser desenvolvido no decorrer da disciplina. Atualmente, a Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO e a Associação Brasileira de Ergonomia – ABERGO, instituições relacionadas à área, não possuem um conteúdo programático de consenso a ser trabalhado para engenheiros de produção, principalmente pela multidisciplinaridade (Zhang et al., 2023). Isto tende a gerar uma confusão entre professores e Instituições de Ensino Superior (IES), sobre o que deve ser abordado e ensinado. Este fator deve ser entendido e atualizado devido à constante alteração dos modelos de trabalho e suas consequências, visto que os estudantes são inseridos no meio profissional em constante evolução e precisam estar preparados para toda situação (Buyurgan e Kiassat, 2017).

É válido ressaltar que a organização do conteúdo a ser ensinado também depende de outros fatores essenciais que podem variar entre as diferentes IES. Neste contexto, a carga horária das disciplinas, a localização da disciplina no semestre, o encadeamento de disciplinas relacionadas e a formação do professor responsável são questões essenciais a serem analisadas. Estas características vão atuar na quantidade de conteúdo apresentado e na sua respectiva profundidade, prática e debate sobre os temas. Isto porque, conforme trazem Meixell et al. (2015) e Tinoco et al. (2021), desenvolver um currículo é uma tarefa complexa e que precisa da atuação de diferentes frentes.

O terceiro fator está associado aos quesitos a serem avaliados pelos professores. Culturalmente, as disciplinas de engenharia são conhecidas por suas provas extensas, com o objetivo de medir os conhecimentos sobre a teoria e os cálculos efetuados. Ainda assim, o mercado tem demandado dos profissionais de engenharia competências que não estão apenas associadas ao conhecimento técnico, mas também as atitudes profissionais (Buyurgan e Kiassat et al., 2017).

As novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para as Engenharias e o documento denominado *Core Competencies* da Associação Internacional de

Ergonomia (IEA) indicam as competências profissionais que os estudantes devem desenvolver em sua formação (Brasil, 2019; IEA, 2021). Baseadas principalmente em preceitos práticos e de extensão, estas competências permitem que o currículo seja atualizado em relação a demanda profissional atual. Conforme é mostrado na literatura (Barbosa e Pinheiro, 2012; Gabelica e Fiore, 2013; Astolfi et al., 2016), as abordagens tradicionais pouco garantem o desenvolvimento de competências, em detrimento das estratégias ativas de ensino. No caso específico da ergonomia, estas abordagens tradicionais ficam a desejar ao tentar reproduzir em sala de aula o ambiente laboral com suas diferentes facetas e problemas.

Por estas razões, a inserção de estratégias de aprendizagem ativa é importante não somente no contexto do ensino da ergonomia, mas pela grande semelhança que ambas apresentam. A ergonomia precisa ser ensinada de maneira prática (Page e Stanley, 2014), pois esta é ação, mudança, adaptação e conforto. Isto só ocorre quando se experiencia a presencialidade no sistema produtivo do trabalhador e para poder entender suas percepções e proposições: uma maneira ativa de perceber a prática ergonômica. Desta maneira, apresenta-se nesta tese uma abordagem ativa do ensino e preparo dos estudantes de disciplinas de ergonomia, em cursos de engenharia de produção, visando as estratégias de ensino, as competências técnicas e transversais a serem desenvolvidas e o modo que será avaliado.

1.1 TEMA DA TESE

Este trabalho está alicerçado em duas grandes áreas da engenharia de produção: a educação em engenharia e a engenharia do trabalho. Estas são duas das dez grandes áreas elaboradas pela ABEPRO, mas que não possuem uma representatividade importante em termos de disciplinas específicas no decorrer do curso de graduação (ABEPRO, 2023).

A educação em engenharia é uma área que vem sendo estudada a partir de diferentes tópicos, com o objetivo de garantir uma melhor aprendizagem dos graduandos (Jesiek et al., 2009). É imprescindível então entender como é o

processo de ensino-aprendizagem de estudantes de engenharia, pois são os futuros profissionais a serem inseridos no mercado. Estes estudantes necessitam não somente ter o conhecimento teórico de engenharia, mas também de competências profissionais para enfrentar desafios humanos, sociais e econômicos (Hadgraft e Kolmos, 2020; Lantada, 2020). Isto expressa o dever da IES de promover o desenvolvimento destas habilidades.

O incentivo em pesquisas na área permite a melhoria do processo de aprendizagem, que é complexo e extenso, principalmente devido a todos os conhecimentos necessários de serem ensinados (Borrego et al., 2015). Aliado a isto, a ABEPRO traz diferentes pilares de estudos da educação em engenharia, a partir de tópicos como o estudo da formação do engenheiro de produção, das práticas pedagógicas e da avaliação do processo de ensino-aprendizagem em engenharia de produção (ABEPRO, 2023).

Já a área da engenharia do trabalho está relacionada com os aspectos humanos dentro da área engenharia de produção. Conhecida a nível internacional como Saúde e Segurança Ocupacional (SSO – da tradução *Occupational Health and Safety*), esta área enfatiza seus estudos na garantia da saúde do trabalhador ao realizar suas atividades e na prevenção dos acidentes de trabalho (Pryor et al., 2019). A partir da preocupação com o trabalhador e na sua interface com o sistema de trabalho, as adaptações realizadas pela engenharia do trabalho visam aumentar o bem-estar psicofisiológico, o conforto na execução das tarefas e a produtividade destes profissionais (Ghahramani, 2016; Lari, 2024).

Trata-se de uma área extremamente desafiadora, pois foge dos conceitos puramente lógicos e exatos da engenharia. Desta forma, diferentes adaptações no processo de aprendizagem precisam ser feitas para atingir os objetivos das disciplinas, atendendo a multidisciplinaridade da SSO. Destacam-se, por exemplo, as subáreas de Projeto e Organização do Trabalho, Ergonomia e Saúde e Segurança do Trabalho (SST) e seus sistemas de gestão, das quais geralmente ganham disciplinas específicas na engenharia de produção (Hernández et al., 2018; ABEPRO, 2023).

Dentre as subáreas da SSO, optou-se por trabalhar com a ergonomia. Esta ciência é trabalhada com mais ênfase na engenharia de produção, além de ser a subárea com maior espaço dentro do curso de graduação (Paravizo et al., 2021). Levando em consideração a interrelação, a semelhança entre a ergonomia e a aprendizagem ativa é reconhecida por diferentes trabalhos (Barbosa e Pinheiro, 2012; Gabelica e Fiore, 2013; Page e Stanley, 2014), mas não avaliada sob o contexto brasileiro, abrangendo os pontos necessários para implementação validada por professores, pesquisadores e estudantes.

Desta maneira, percebe-se as necessidades e desafios que a educação em engenharia e a SSO propõem nas suas interfaces. A motivação dos estudantes em aprender, bem como o desenvolvimento de competências e o aumento do aprendizado a longo prazo, a partir de novas ferramentas, são tópicos essenciais de melhoria e avanço em cursos de graduação em engenharia de produção. A importância deste estudo se dá pela semelhança da aprendizagem ativa com as necessidades e práticas no ensino da ergonomia em todas as suas vertentes.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta tese é propor e avaliar as estratégias de aprendizagem ativa em uma estrutura de ensino da ergonomia em um curso de engenharia de produção. Para alcançá-lo, diferentes avaliações e análises devem ser feitas. De modo mais específico são definidos os seguintes objetivos:

- i. Investigar as estratégias de aprendizagem ativa usadas para ensinar SSO em engenharia, suas principais características e vantagens;
- ii. Propor conteúdos mínimos de ergonomia por meio da situação atual das disciplinas em cursos de excelência de engenharia de produção no Brasil;
- iii. Identificar as principais competências em ergonomia para a formação profissional de um egresso da graduação em engenharia de produção;
- iv. Avaliar as competências desenvolvidas a partir da inserção de aprendizagem ativa em disciplinas de ergonomia em engenharia de produção;

1.3 JUSTIFICATIVA

Devido ao seu caráter inovador, este estudo pode ser considerado como um marco na inserção de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da ergonomia. Embora existam na literatura diferentes aplicações de abordagens ativas no ensino da área da ergonomia (Gabelica e Fiore, 2013; Page e Stanley, 2014), ainda assim, não são evidentes estudos comprobatórios de qual metodologia que melhor se encaixa com cada conteúdo. Desta maneira, este estudo apresenta diferentes etapas para a validação da inserção de estratégias de aprendizagem ativa em engenharias, para o ensino da ergonomia, a partir de diferentes percepções de professores, pesquisadores, estudantes e praticantes.

De forma análoga, uma pesquisa realizada em educação não pode ser transversal, considerando unicamente a percepção de uma só turma e em um momento exato. Precisa-se entender a visão de vários estudantes, em diferentes turmas e ao longo do tempo, entendendo suas observações e constatações (Holmegaard et al., 2016). Um estudo multicaso com acompanhamento de turmas e semestres pode indicar e demonstrar um melhor entendimento sobre as expectativas dos estudantes (Gillen et al., 2021).

Em relação à contribuição, este estudo atende a diferentes demandas acadêmicas, práticas e de relevância futura. Em ambiente acadêmico, uma atualização das práticas de estratégias de aprendizagem ativa para o ensino da ergonomia será uma contribuição, bem como um ordenamento das principais competências essenciais a serem trabalhadas na formação profissional do ergonomista brasileiro (Read et al., 2022). A recente atualização das DCN e do Core Competencies do IEA mostram o contexto atual do trabalho, mais atento ao desenvolvimento de competências profissionais e de responsabilidade às questões éticas e sociais (Brasil, 2019; IEA, 2021). As adaptações sugeridas por esta tese levam em consideração estes documentos atuais, onde se espera que todas as IES atendam estes requisitos.

Assim como existe esta lacuna na literatura, a ABERGO e a ABEPRO são associações que não possuem estes levantamentos para auxiliar os professores na construção das disciplinas, seja para auxiliar na elaboração da ementa ou em

qual estratégia de ensino utilizar. Arezes e Swuste (2013), Boaventura et al. (2018) e Fonseca et al. (2020) realizaram trabalhos de investigação de panorama das disciplinas de suas áreas, contribuindo para a literatura. Desta forma, o estudo também contribui para um panorama com a caracterização de disciplinas, atualmente inexistente, bem como sugere diferentes tópicos que, por serem ainda incipientes, necessitam realizar investigações mais profundas (Bitencourt et al., 2022).

A contribuição fornecida para os professores, profissionais contemplados em relação ao meio prático, contempla diferentes resultados ainda não encontrados na literatura. Primeiramente, uma lista de diferentes estratégias de aprendizagem ativa mais utilizadas e que se encaixam em temas de SSO, gerada por uma revisão da literatura. Ainda, a revisão da literatura fornece uma série de competências desenvolvidas a partir da utilização de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da SSO. Por fim, um apoio para a organização e estruturação de disciplinas é contemplado, a partir de diferentes sugestões de ementas do ensino da ergonomia, servindo como um suporte para a construção de conteúdos programáticos atualizados às demandas do mercado.

A justificativa deste estudo também se baseia na sua relevância futura. Os indicadores de acidentes de trabalho e de trabalhadores afastados por desenvolvimento de doenças relacionadas ao trabalho no Brasil são altos, e suas consequências acarretam em problemas para os trabalhadores, as empresas e a sociedade (Fava et al., 2023; Silva e Silva, 2023). Os estudantes de engenharia são os futuros profissionais responsáveis por este trabalhador e, assim, precisam ter desenvolvido diferentes competências relacionadas à área de SSO (Benjaoran e Bhokha, 2010). A utilização de estratégias de aprendizagem ativa contribui para o aumento da motivação, da exemplificação da teoria apresentada e do aprendizado continuado e duradouro (Belwal et al., 2020). Portanto, espera-se que futuramente os problemas de acidentes e afastamentos sejam reduzidos, criando uma cultura preocupada e atenta à segurança desde a formação destes estudantes.

Por fim, a abordagem da tese segue a mesma ótica do conceito fundamental da ergonomia: a adaptação do trabalho ao trabalhador, e nunca o contrário (Cardoso et al., 2021). Desta maneira, justifica-se o estudo pela adaptação da estrutura de ensino às diferentes realidades dos estudantes e de suas instituições de ensino (Santos et al., 2012; Baltá-Salvador et al., 2021). Logo, todas as proposições feitas devem ser utilizadas com o objetivo de melhorar os ambientes de aprendizagem.

1.4 METODOLOGIA DA TESE

Esta tese pode ser classificada de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa, exploratória e descritiva (Gil, 2017). Um estudo desta natureza configura-se pela utilização das duas vertentes, permitindo unir a descrição de um determinado cenário observado com dados e análises estatísticas (Bergmann, 2008). Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória pois visa estudar um elemento novo inserido em um determinado cenário e também descritivo, pois são apresentados dados numéricos e textuais que descrevem percepções e achados de diferentes atores na inserção da aprendizagem ativa no ensino da ergonomia.

Quanto aos procedimentos, caracteriza-se esta tese como estudo multicaso. Para Voss et al. (2002) e Yin (2014), um estudo de caso busca entender e analisar os resultados encontrados em uma implementação ou uma decisão que foi recentemente tomada. Pode-se investigar a partir desta metodologia um problema ou um conjunto de acontecimentos, preservando as características holísticas e significativas em um determinado sistema (Cauchick-Miguel, 2007). Para Mills et al. (2010), este tipo de metodologia se encaixa perfeitamente para avaliações na educação, em disciplinas e aplicações de estratégias.

Devido à série de casos estudados ao longo de um determinado período de tempo, considera-se esta tese como estudo multicaso. Com a mesma definição de estudo de caso, os multicasos permitem comparar e confrontar um fenômeno, por justaposição, em diferentes contextos. Estes estudos devem possuir semelhanças entre si (Stake, 2006), o que permite avaliar as pequenas variações

em uma investigação mais profunda do fenômeno analisado (Gerring, 2007; Pollock, 2013). Gillen et al. (2021) e Moore et al. (2015) aplicaram a metodologia de estudo multicaso em suas pesquisas de educação em engenharia, ao realizar comparativos e investigações na inserção de estratégias de ensino em disciplinas na engenharia.

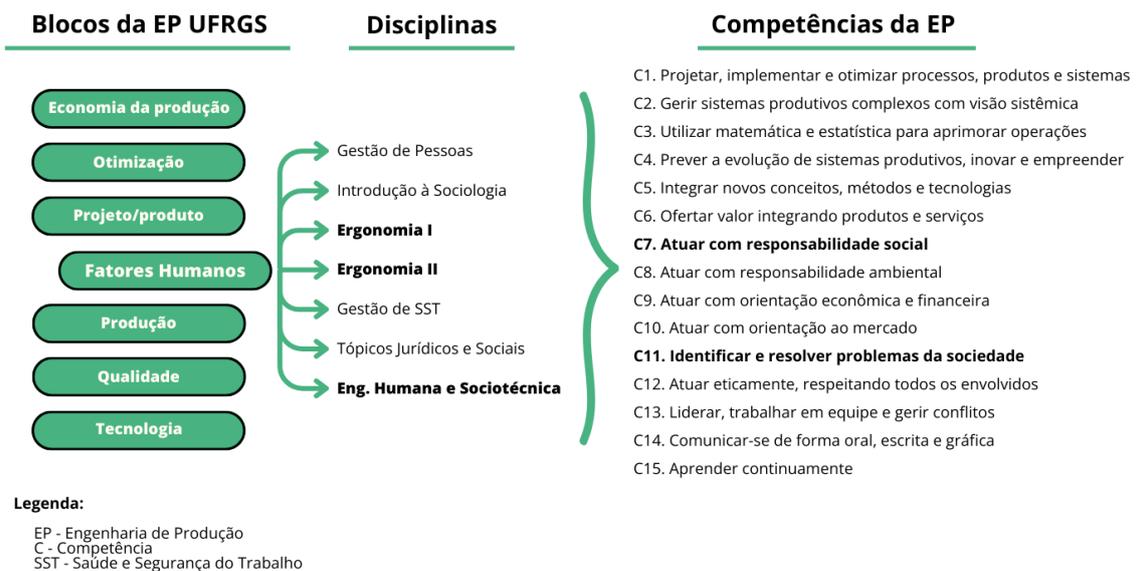
1.4.1 Cenário do Estudo

O cenário da aplicação do estudo multicaso foi o curso de graduação de Engenharia de Produção, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O curso tem a nota máxima em avaliação do Ministério da Educação (MEC) e tem 371 estudantes matriculados¹. Em 2021, modificações no Projeto Pedagógico do Curso (PPC) foram implementadas na universidade, devido às novas DCN para a engenharia e a participação no Programa de Modernização da Graduação (PMG). Este programa é uma parceria da Comissão Fulbright, da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Embaixada dos Estados Unidos no Brasil (Fulbright Commission, 2023; Tinoco et al., 2021).

A partir das mudanças no PPC visando a modernização do curso, o currículo do curso de Engenharia de Produção da UFRGS foi estruturado em sete blocos em suas disciplinas específicas (Tinoco et al., 2021). Além disso, os autores trazem que o redesenho do currículo está também baseado no desenvolvimento de 15 competências técnicas e transversais, avaliadas no decorrer do curso. Por fim, passou-se a ser incentivada a inserção de práticas pedagógicas de aprendizagem ativa nas disciplinas, no intuito de modernizar o ensino (Tinoco et al., 2021). Um dos blocos desenvolvidos é o bloco de Fatores Humanos, contemplando as disciplinas vinculadas à engenharia do trabalho – a área onde a ergonomia é ensinada. Atualmente, três disciplinas neste bloco trabalham seus conceitos principais: Ergonomia I, Ergonomia II e Engenharia Humana e Sociotécnica. A Figura 01 apresenta a estrutura atual de blocos e competências do curso na UFRGS.

¹ Número coletado no painel de dados da UFRGS, no semestre 2023/2. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/paineldedados/graduacao/>. Acessado em: fevereiro de 2024.

Figura 01 – Situação atual da divisão de blocos do curso de Engenharia de Produção UFRGS



As disciplinas do curso têm a responsabilidade de desenvolver estas 15 competências ao longo da formação do profissional em engenharia de produção, em três níveis (básico, intermediário e avançado) (Tinoco et al., 2023). As três disciplinas destacadas no bloco de Fatores Humanos são responsáveis pela avaliação das competências 7 e 11 do perfil do egresso, pela sua contribuição no desenvolvimento de conhecimentos, habilidade e atitudes relacionadas a essas competências. Estas competências são responsabilidade social, em nível intermediário (Ergonomia I e Ergonomia II) e de identificação de problemas da sociedade, em nível avançado (Engenharia Humana e Sociotécnica).

A responsabilidade social esperada de um egresso do curso está relacionada em saber analisar como os sistemas geridos afetam a sociedade, o meio ambiente e os trabalhadores, buscando benefícios para todas estas vertentes. Já a identificação de problemas da sociedade está vinculada à competência de observação crítica e analítica do entendimento de desordens nos sistemas avaliados, sob a ótica da saúde e segurança ocupacional.

1.4.2 Procedimentos metodológicos

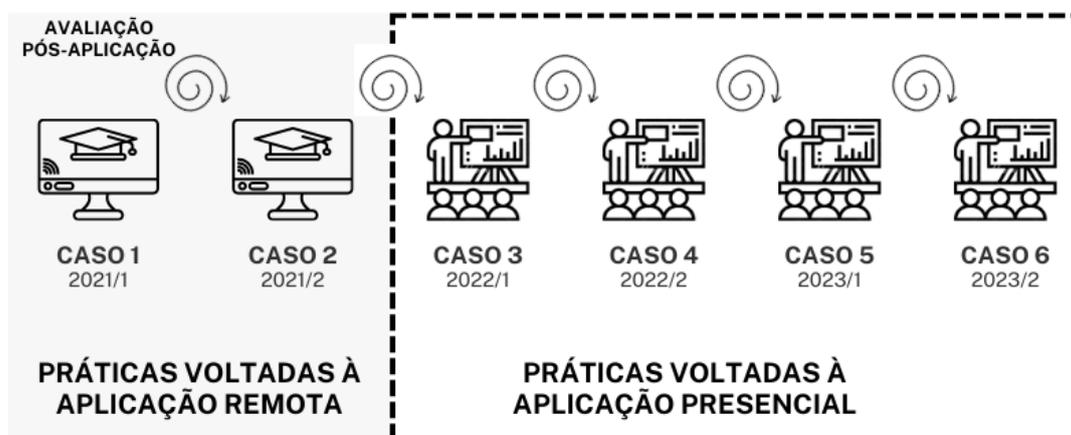
Esta tese está alicerçada em cinco etapas principais. Para a primeira etapa, a construção dos planos de ensino das três disciplinas relacionadas à ergonomia

foi realizada. Este plano de ensino contempla três pontos essenciais: as estratégias de ensino, os tópicos desenvolvidos e as ferramentas para avaliação das competências. Neste sentido, uma revisão sistemática da literatura foi aplicada, identificando as abordagens que os pesquisadores têm utilizado. Ainda, uma revisão inicial nas principais diretrizes de formação (e.g. IEA, ABERGO, ABEPRO, DCN das engenharias) foi utilizada.

Após a construção realizada, na segunda etapa, um estudo multicaso começou a ser aplicado durante seis semestres letivos sequentes. Cada caso durou um semestre letivo e contemplou todos os encontros de cada disciplina. Estas disciplinas contaram com a introdução de diferentes estratégias de aprendizagem ativa, como *Problem-based Learning* (PBL), *Project-based Learning* (PjBL), *Scenario-based Learning*, *Service-based Learning*, Gamificação, *Think Pair Share*, *Flipped Classroom* e Dinâmica de Juri, por exemplo. Para a avaliação, questões vinculadas a estudos de caso, simulação descritiva de situações da profissão e *feedback* interativo foram empregadas.

Ao final de cada semestre ocorria uma avaliação pós-aplicação, onde os estudantes e diferentes professores analisavam as práticas aplicadas e faziam diferentes modificações e atualizações nas estratégias ativas do ensino, baseado na metodologia de aprendizagem Espiral Construtivista (Lima, 2016). Durante a Pandemia de COVID-19, no ano de 2021, os casos foram aplicados em ensino remoto e, nos dois anos posteriores, a aplicação foi durante as atividades presenciais, conforme mostrado na Figura 02.

Figura 02 – Representação do estudo multicaso



Após cada caso foi feita uma avaliação pós-aplicação. Nesta atividade os professores e os estudantes avaliavam as estratégias implementadas durante o semestre, com base na percepção do desenvolvimento das competências e a contribuição à motivação e engajamento dos alunos na aprendizagem. Estas avaliações foram feitas a partir de questionários desenvolvidos pelos autores e observações sistemáticas realizadas pelos próprios professores. Ao final da avaliação, os planos de ensino eram adaptados a novas práticas de ensino para aprendizagem ativa e testados no próximo caso, ou seja, no semestre seguinte.

Concomitantemente com a segunda etapa, outras duas etapas relacionadas à pesquisa na área eram feitas. A terceira etapa dos procedimentos metodológicos contou com a investigação das disciplinas de ergonomia, em cursos de engenharia de produção, em plataformas de universidades públicas e privadas. Isto permite verificar o que se tem ensinado na área, além de entender as características de cada disciplina e qual a formação do professor responsável pela área. Isto foi realizado a partir de uma análise de conteúdo dos documentos coletados nas plataformas digitais de cada universidade.

A quarta etapa contou com a seleção das principais competências, relacionadas à ergonomia, essenciais a um engenheiro de produção. Isto auxilia na adaptação das disciplinas, buscando o desenvolvimento das competências consideradas essenciais nesta pesquisa. Para isto, entrevistas semiestruturadas com aplicação de análise de conteúdo foram realizadas a partir da percepção de pesquisadores com experiência na área de ergonomia e engenharia de produção.

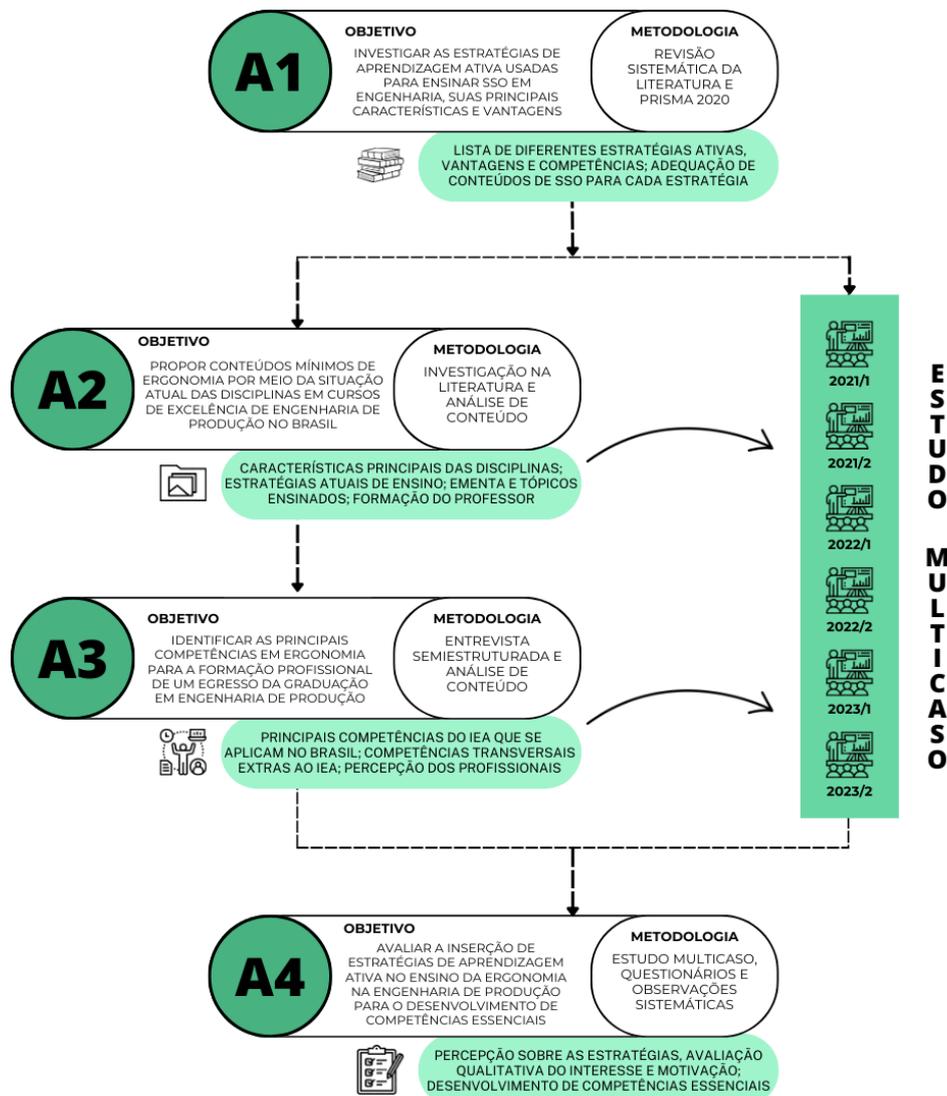
Por fim, na quinta etapa, uma avaliação das estratégias de aprendizagem ativa no ensino da ergonomia foi realizada, sob a ótica dos estudantes e professores. Com o uso de diferentes critérios, esta etapa permitiu analisar a aceitação destas estratégias, a partir da motivação do aprendiz, o desenvolvimento de competências e a atratividade da maneira de ensinar. Para isto, o resultado do estudo multicase foi utilizado, a partir dos dados coletados de questionários de autoavaliação dos estudantes quanto ao desenvolvimento de competências do *Core Competencies* do IEA, essenciais a um profissional de ergonomia, bem

como a percepção sobre a motivação e os benefícios destas diferentes estratégias de aprendizagem.

1.5 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está estruturada em artigos científicos de forma a mostrar a evolução e o desenvolvimento do estudo em função dos objetivos traçados. Os capítulos da tese são mostrados na Figura 03 por estes artigos, que seguem uma sequência no processo de inserção de aprendizagem ativa, desenvolvida pelos autores. Os balões verdes representam os resultados esperados de cada um dos artigos desta tese.

Figura 03 – Estrutura da tese e os achados principais



Primeiramente, é necessário entender como se pode ensinar ergonomia. Na literatura, existem diversas estratégias centradas no estudante, possuindo suas próprias vantagens, como o aumento do engajamento, da motivação, do conhecimento adquirido e no aprendizado em longo prazo. É importante entender como se aplicam as estratégias de aprendizagem ativa nas realidades da ergonomia, em um curso de engenharia, projetando diversas competências a partir da avaliação de diferentes maneiras. Entretanto, para garantir um número maior de pesquisas, foi realizada uma pesquisa sobre a Saúde e Segurança Ocupacional, garantindo que todas as suas subáreas, também a ergonomia, fossem incluídas, gerando achados e discussões mais robustas e completas, em um contexto mais amplo. O primeiro artigo busca evidenciar estes pontos, construindo o referencial teórico da tese.

Outro fator essencial de analisar é a ementa ensinada nas disciplinas de ergonomia, em cursos de engenharia de produção. Encontram-se divergências entre estes cursos de graduação no Brasil, com universidades não apresentando disciplinas específicas de ergonomia, enquanto outras tendo espaços de quatro créditos da totalidade do curso. Identificar a localização da disciplina no semestre e sua ementa é entender os enfoques que as IES dão para diferentes domínios da ergonomia. Investigar estes pontos é também entender as limitações, para propor melhorias possíveis de serem implementadas. O segundo artigo mostra o panorama atual da ergonomia em universidades do Brasil, aprofundando os diferentes cenários em que a tese pode ser aplicada.

Em complemento, as novas DCN das engenharias e a literatura vigente dizem que não se deve preocupar apenas com as competências técnicas de ensino das engenharias, mas também com as competências transversais, essenciais ao profissional. Como apoio, o "*Core competencies*" do IEA traz 27 competências que um profissional em ergonomia deve atender para atuar no mercado de trabalho. Devido às limitações como o número de disciplinas e suas carga-horárias reduzidas, não se pode ensinar todas as competências durante a formação em engenharia de produção, sendo necessária a priorização e a ordenação destas. Um perfil esperado de um profissional de ergonomia, caracterizado pela visão de diferentes especialistas, é mostrado no terceiro artigo.

Após a análise de estratégias de aprendizagem ativa, competências essenciais na ergonomia e as características que as disciplinas possuem, foi possível propor a inserção da aprendizagem ativa, pautada na opinião de professores, pesquisadores e estudantes. Para avaliar esta proposição, uma série de métodos criados foram aplicados com os alunos, em um estudo multicaso no curso de Engenharia de Produção da UFRGS. Esta diferente estrutura permitiu mostrar se os estudantes apresentaram um aumento no engajamento, atratividade e no desenvolvimento de conhecimento e competências, devido à diferente maneira de ensinar. Os achados destas percepções são contemplados no quarto artigo da tese.

REFERÊNCIAS

- ABEPRO, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2023. Available in: <https://abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>. Access in: September 2023.
- Agrawal, D. K., Khan, Q. M., 2008. A quantitative assessment of classroom teaching and learning in engineering education. **European Journal of Engineering Education** 33 (1), 85-103. <https://doi.org/10.1080/03043790701746389>.
- Arezes, P. M., Swuste, P., 2013. The emergence of (post) academic courses in occupational safety and health: the example of Portugal. **Industrial and Commercial Training** 45 (3), 171-9. <https://doi.org/10.1108/00197851311320595>.
- Astolfi, B., Costa, D., Campese, C., Costa, J. M., 2016. Project-based learning: a new way to teach ergonomics. **Proceedings of 14th International Design Conference**, 2037-2048.
- Baltà-Salvador, R., Olmedo-Torre, N., Peña, M., Renta-Davis, A., 2021. Academic and emotional effects of online learning during the COVID-19 pandemic on engineering students. **Education and Information Technologies** 26, 7404-34. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10593-1>.
- Barbosa, L. H., Pinheiro, M., 2012. Teaching ergonomics to undergraduate physical therapy students: new methodologies and impressions of a Brazilian experience. **Work** 41, 4790-4. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0765-4790>.
- Belwal, R., Belwal, S., Sufian, A., Badi, A., 2020. Project-based learning (PBL): outcomes of students' engagement in an external consultancy project in Oman. **Education + Training** 63 (3), 336-59. <https://doi.org/10.1108/ET-01-2020-0006>.
- Benjaoran, V., Bhokha, S., 2010. An integrated safety management with construction management using 4D CAD model. **Safety Science** 48 (3), 395-403. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.09.009>.
- Bergmann, M. M., 2008. **Advances in Mixed Methods Research: Theories and Applications**. SAGE Publications: London, 1st ed, 199 p. ISBN: 978-1-4129-4808-1.
- Berlin, C., Neumann, W. P., Theberge, N., Örtengren, R., 2014. Avenues of entry: how industrial engineers and ergonomists access and influence human factors and ergonomics issues. **European Journal of Industrial Engineering** 8 (3). <https://doi.org/10.1504/EJIE.2014.060999>.
- Bitencourt, R. S., Opuchkewich, J. P., Silva, L. W. A. N., Yasue, J. E., 2022. Levantamento das disciplinas de ergonomia nos cursos de engenharia no Brasil e reflexões sobre o cenário internacional. **Anais do XXII Congresso Brasileiro de Ergonomia 2022**. São José dos Campos, Brasil. ISSN: 2358-5463.
- Black, N. L., Neumann, W. P., Noy, I., Dewis, C., 2023. Applying ergonomics and human factors to congress organization in uncertain times. **Applied Ergonomics** 106, 103862. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103862>.
- Boaventura, P. S. M., Souza, L. L. F., Gerhard, F., Brito, E. P. Z., 2018. Desafios na formação de profissionais em Administração no Brasil. **Revista Administração: Ensino & Pesquisa** 19 (1). <https://doi.org/10.13058/raep.2018.v19n1.775>.
- Borrego, M., Foster, M., Floyd, J., 2015 What Is the State of the Art of Systematic Review in Engineering Education? **Journal of Engineering Education** 104 (2), 212-242. <https://doi.org/10.1002/jee.20069>.
- Bures, M., 2015. Efficient education of ergonomics in industrial engineering study program. **Procedia – Social and Behavioral Sciences** 174, 3204-3209. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.983>.
- Buyurgan, N., Kiassat, C., 2017. Developing a new industrial engineering curriculum using a systems engineering approach. **European Journal of Engineering Education** 42 (6), 1263-76. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1287665>.
- Cardoso, A., Colim, A., Bicho, E., Braga, A. C., Menozzi, M., Arezes, P., 2021. Ergonomics and Human Factors as a Requirement to Implement Safer Collaborative Robotic Workstations: A Literature Review. **Safety** 7 (4), 71. <https://doi.org/10.3390/safety7040071>

- Castillo-Sepúlveda, J., Pasmanik, D., 2021. Toward the understanding of 'the human' in engineering: a discourse analysis. **European Journal of Engineering Education** 46 (5), 765-778. <https://doi.org/10.1080/03043797.2021.1903836>.
- Cauchick-Miguel, P. A., 2007. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production** 17 (1), 216-229. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132007000100015>.
- Colim, A., Carneiro, P., Carvalho, J. D., Teixeira, S., 2022. Occupational Safety & Ergonomics training of Future Industrial Engineers: A Project-Based Learning Approach. **Procedia Computer Science** 204, 505-12. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.119>.
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., Wilson, J. R., van der Doelen, B., 2012. A strategy for human factors/ergonomics: Developing the discipline and profession. **Ergonomics** 55 (4), 377-95. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>.
- Eskandari, H., Sala-Diakanda, S., Furterer, S., Rabelo, L., Crumpton-Young, L., Williams, K., 2007. Enhancing the undergraduate industrial engineering curriculum: Defining desired characteristics and emerging topics. **Education + Training** 49 (1), 45-55. <https://doi.org/10.1108/00400910710729875>.
- Fava, N. R., Soares, M. R., Andrade, A. C. S., Pignatti, M. G., Corrêa, M. L. M., Pignati, W. A., 2023. Tendência dos acidentes de trabalho no agronegócio em Mato Grosso, Brasil, 2008 a 2017. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional** 48 (3). <https://doi.org/10.1590/2317-6369/10521pt2023v48e3>.
- Felder, R. M., Brent, R., Prince, M. J., 2011. Engineering Instructional Development: Programs, Best Practices, and Recommendations. **Journal of Engineering Education** 100 (1), 89-122. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00005.x>.
- Fonseca, M. L. F., Paravizo, E., Lima, F. T., Simões, R. R., Braatz, D., 2020. Análise da presença das disciplinas das ciências do trabalho em cursos de Engenharia de Produção. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. https://doi.org/10.14488/enegep2020_tn_sd_353_1819_41505.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., Wenderoth, M. P., 2014. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 111 (23), 8410-15. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>.
- FULBRIGHT COMMISSION, "Modernization of Undergraduate Education (PMG): Special project", 2023. Available: <https://fulbright.org.br/special-project/modernizationof-undergraduate-education-program/>. [Accessed January 2023].
- Gabelica, C., Fiore, S. M., 2013. What can Training Researchers Gain from Examination of Methods for Active-Learning (PBL, TBL, and SBL). **Proceedings of 57th Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**. <https://doi.org/10.1177/1541931213571100>.
- Gerring, J., 2007. **Case Study Research: Principles and Practices**. Cambridge University Press: New York, 1st ed., 279 p. ISBN 978-0-521-85928-8.
- Ghahramani, A., 2016. Factors that influence the maintenance and improvement of OHSAS 18001 in adopting companies: A qualitative study. **Journal of Cleaner Production** 137, 283-290. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.087>.
- Gil, A. C., 2017. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Atlas: São Paulo, 6 ed., 192 p. ISBN: 8597012617.
- Gillen, A. L., Grohs, J. R., Matusovich, H. M., Kirk, G. R., 2021. A multiple case study of an interorganizational collaboration: Exploring the first year of an industry partnership focused on middle school engineering education. **Journal of Engineering Education** 1 (10), 545-571. <https://doi.org/10.1002/jee.20403>.
- Hadgraft, R. G., Kolmos, A., 2020. Emerging learning environments in engineering education. **Australasian Journal of Engineering Education** 25 (1), 3-16. <https://doi.org/10.1080/22054952.2020.1713522>.

- Hernández, A. R. G., Xavier, A. A. P., Picnin, C. T., 2018. Análise bibliométrica da produção científica nacional em Ergonomia e Segurança do Trabalho: SIMPEP 2010-2015. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, 14 (3), 101-18. <https://doi.org/10.15675/gepros.v13i3.1930>.
- Holmegaard, H. T., Madsen, L. M., Ulriksen, L., 2016. Where is the engineering I applied for? A longitudinal study of students' transition into higher education engineering, and their considerations of staying or leaving. **European Journal of Engineering Education** 41 (2), 154-171. <https://doi.org/10.1080/03043797.2015.1056094>.
- IEA, International Ergonomics Association, 2021. **Core competencies in human factors and ergonomics (HFE): professional knowledge and skills**. The IEA Press, 2021. ISBN: 978-0-9796435-4-5.
- Jessiek, B. K., Newswander, L. K., Borrego, M., 2009. Engineering Education Research: Discipline, Community, or Field?. **Journal of Engineering Education** 98 (1), 39-52. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2009.tb01004.x>
- Lantada, A. D., 2020. Engineering Education 5.0: Continuously Evolving Engineering Education. **International Journal of Engineering Education** 36 (6), 1814-32. <https://doi.org/0949-149X/91>.
- Lari, M., 2024. A longitudinal study on the impact of occupational health and safety practices on employee productivity. **Safety Science** 170, 106374. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106374>.
- Lima, V. V., 2016. Espiral construtivista: uma metodologia ativa de ensino-aprendizagem. **Interface – Comunicação, Saúde, Educação** 21 (61). <https://doi.org/10.1590/1807-57622016.0316>.
- Litzinger, T. A., Lattuca, L. R., Hadgraft, R. G., Newstetter, W. C., 2011. Engineering Education and the Development of Expertise. **Journal of Engineering Education** 100 (1), 123-150.
- Marra, R. M., Hacker, D. J., Plumb, C., 2021. Metacognition and the development of self-directed learning in a problem-based engineering curriculum. **Journal of Engineering Education** 111, 137-161. <https://doi.org/10.1002/jee20437>.
- MEC, Ministério da Educação, 2019. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Available in: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril-2019-pdf&Itemid=30192. Access in September 2023.
- Meixell, M. J., Buyurgan, N., Kiassat, C., 2015. Curriculum Innovation in Industrial Engineering: Developing a New Degree Program. **Proceedings of 2015 ASEE Annual Conference & Exposition**, Seattle, Washington. <https://doi.org/10.18260/p.23775>.
- Mills, A. J., Curepos, G., Wiebe, E., 2010. **Encyclopedia of Case Study Research**. SAGE Publications: London, 2nd ed., 1137p. ISBN 978-1-4129-5670-3.
- Moore, T. J., Guzey, S. S., Roehrig, G. H., Stohlmann, M., Park, M. S., Kim, Y. R., Callender, H. L., Teo, H. J., 2015. Changes in Faculty Members' Instructional Beliefs while Implementing Model-Eliciting Activities. **Journal of Engineering Education** 104 (3), 279-302. <https://doi.org/10.1002/jee.20081>.
- Neumann, W. P., Dul, J., 2010. Human factors: spanning the gap between OM and HRM. **International Journal of Operations & Production Management** 30 (9), 923-950. <https://doi.org/10.1108/01443571011075056>.
- Nguyen, H., Wu, L., Fischer, C., Washington, G., Warschauer, M., 2020. Increasing success in college: Examining the impact of a project-based introductory engineering course. **Journal of Engineering Education** 109 (3), 384-401. <https://doi.org/10.1002/jee.20319>.
- Page, L., Stanley, L., 2014. Ergonomics Service Learning Project: Implementing an Alternative Educational Method in an Industrial Engineering Undergraduate Ergonomics Course. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries** 24 (5), 544-556. <http://doi.org/10.1002/hfm.20544>.
- Paravizo, E., Fonseca, M. L. F., Lima, F. T., Gemma, S. F. B., Rocha, R., Braatz, D., 2021. How Ergonomics and Related Courses Are Distributed in Engineering Programs? an Analysis of Courses from Brazilian Universities. **Proceedings of**

- the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021), 567-74. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74602-5_78.
- Pollock, M. C., 2013. Engineering Educators in Industry: a Case Study of a Doctoral Internship. **Proceedings of 120th ASEE Annual Conference & Exposition**, 8101.
- Pryor, P., Hale, A., Hudson, D., 2019. Development of a global framework for OHS professional practice. **Safety Science** 117, 404-416. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.04.033>.
- Read, G., Schultz, K., Goode, N., Salmon, P., 2022. Using cognitive work analysis to identify competencies for human factors and ergonomics practitioners. **Ergonomics** 65 (3), 348-361. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1955979>.
- Sánchez, A. S., 2014. The importance of Ergonomics in Industrial Engineering. **Industrial Engineering & Management** 3 (1). <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000e121>.
- Sanchez-Lite, A., Zulueta, P., Sampaio, A. Z., Gonzales-Gaya, C., 2022. BIM for the Realization of Sustainable Digital Models in a University-Business Collaborative Learning Environment: Assessment of Use and Students' Perception. **Buildings** 12, 971. <https://doi.org/10.3390/buildings12070971>.
- Santos, C. J. B. M., Arruda Junior, E. S., Leão, L. I. F., Neves, R. M., 2012. A inserção dos estudantes de engenharia na universidade e as dificuldades de adaptação. In: Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2012, Belém, PA.
- Shekar, A., 2007. Active learning and reflection in product development engineering education. **European Journal of Engineering Education** 32 (2), 125-133. <https://doi.org/10.1080/03043790601118705>.
- Silva, S. S. B., Silva, E. J. A., 2023. Prevalência de acidentes na construção de edifícios no Brasil entre os anos de 2014 e 2022. **Brazilian Journal of Development** 9 (6), 20286-306. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n6-102>.
- Social Accountability International – SAI, 2014. Social accountability 8000. New York: SAI. Access: www.sai-int.org.
- Stake, R. E., 2006. **Multiple case study analysis**. The Guildford Press: New York, 1st ed., 368 p. ISBN 1-59385-248-7.
- Swuste, P., Galera, A., Wassenhove, W. V., Carretero-Gómez, J., Arezes, P., Kivistö-Rahnasto, J., Forteza, F., Motet, G., Reyniers, K., Bergmans, A., Wenham, D., Van Den Broeke, C., 2021. Quality assessment of postgraduate safety education programs, current developments with examples of ten (post)graduate safety courses in Europe. **Safety Science** 141, 105338. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105338>.
- Tinoco, M. A. C., Silva Filho, L. C. P., Ten Caten, C. S., Souza, J. S., Danilevicz, A. M., Nodari, C., Lima, D. R., Dutra, C. C., de Paula, I. C., Ribeiro, J. L. D., 2021. Redesenho do Currículo a partir da análise de Stakeholders no curso de graduação em Engenharia de Produção da UFRGS. In: **Planejamento e Primeiros Resultados dos Projetos Institucionais de Modernização da Graduação em Engenharia (2019/20)**, Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Graduação em Engenharia (PMG – Capes / Fulbright) ABENGE, 2021.
- Tinoco, M. A. C., Nodari, C. T., Rabelo, L., Moura, P. K., Marcon, A., Danilevicz, A. M. F., 2023. Proposition of a Method to Monitor Higher Education Students' Competence Development through Assessment Rubrics. **Proceedings of 2023 Annual Conference & Exposition of American Society of Engineering Education**, Baltimore, USA, 2023.
- Voss, C., Tsiriktsis, N., Frohlich, M., 2002. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management** 22 (2), 195-219. <http://dx.doi.org/10.1108/01443570210414329>.
- Yin, R. K., 2014. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Bookman: Porto Alegre, 5th ed., 320 p. ISBN 978-8582602317.
- Zhang, M., Li, H., Tian, S., 2023. Visual analysis of machine learning methods in the field of ergonomics — Based on Cite Space V. **International Journal of Industrial Ergonomics** 93, 103395. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2022.103395>.

2. ARTIGO 01 – O ensino da Saúde e Segurança Ocupacional em engenharia com o uso de aprendizagem ativa: uma revisão sistemática da literatura

Italo Rodeghiero Neto ^a; Fernando Gonçalves Amaral ^b

^a Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, UFRGS – italorneto@gmail.com

^b Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, UFRGS – amaral@producao.ufrgs.br

Resumo

O ensino de Saúde e Segurança Ocupacional (SSO) em engenharia é complexo devido à sua natureza multidisciplinar e à dificuldade de trazer suas definições de forma dinâmica e atrativa na sala de aula. Uma alternativa para superar esses problemas é o uso de estratégias de aprendizagem ativa, uma vez que elas auxiliam no desenvolvimento de competências em uma perspectiva diferente das abordagens tradicionais. Portanto, este estudo tem como objetivo investigar as estratégias de aprendizagem ativa usadas no ensino da SSO na engenharia, destacando suas principais características e vantagens. Foi realizado uma Revisão Sistemática da Literatura com base no protocolo PRISMA e três perguntas de pesquisa foram consideradas. Foram selecionados 62 artigos para análise, abrangendo análises quantitativas e qualitativas. Os principais resultados observados foram três estratégias de aprendizagem ativa mais utilizadas atualmente (*Problem-based Learning*, *Project-based Learning* e *Gamification*) e as diferentes vantagens, desvantagens e competências desenvolvidas. Por fim, diferentes tópicos de SSO foram relacionados à cada estratégia, possibilitando que profissionais dessa área obtenham suporte teórico e se sintam incentivados a aplicar a aprendizagem ativa para melhorar o envolvimento dos estudantes e o desempenho no aprendizado. No que diz respeito à aplicação, foi possível observar várias limitações envolvendo a universidade, como a infraestrutura para treinamento e o estímulo ao professor para usar a aprendizagem ativa, como a carga de trabalho e as demandas administrativas excessivas, e para o estudante, como falta de comprometimento e resistência à mudança.

Palavras-chave: Estudo centrado no aluno, educação em engenharia, saúde e segurança ocupacional, ergonomia, competências em SSO.

Artigo publicado no periódico Safety Science em novembro de 2023

Rodeghiero Neto, I., Amaral, F. G., 2024. Teaching occupational health and safety in engineering using active learning: A systematic review. **Safety Science** 171, 106391. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106391>.

2.1 INTRODUÇÃO

Aprendizagem Ativa é um conceito que se refere a abordagens de experiências práticas nas quais os estudantes se envolvem ativamente no processo de ensino. Esse conceito permite a reflexão sobre o que está sendo aprendido na solução de problemas reais (Lima et al., 2017; Tortorella et al., 2020). As metodologias que abrangem essas experiências são amplamente divulgadas e defendidas por autores como uma das melhores maneiras pelas quais os estudantes podem adquirir e desenvolver o conhecimento necessário para sua futura profissão (Borrego et al., 2015, Lombardi e Shirpley, 2021).

De acordo com Felder et al. (2011), estas estratégias centralizam a aprendizagem no aluno e incluem ações e reflexões frequentes que facilitam o processo de aprendizado. Como observado por Crawley et al. (2007), essa abordagem leva a um desenvolvimento mais eficaz do conhecimento. Diferentes estudos mostraram que a aprendizagem ativa leva a um melhor desempenho dos estudantes quando comparado às aulas expositivas e tradicionais (Freeman et al., 2014; Thai et al., 2017; Colim et al., 2022; Lorenzis et al., 2023).

Os cursos de graduação em engenharia geralmente dependem de estratégias de ensino tradicionais, centradas no professor como a principal fonte de conhecimento (Astolfi et al., 2016; Ahmed e Sayed, 2020; Nguyen et al., 2020). Essa abordagem pode levar a problemas e limitações para os futuros profissionais que entrarão no mercado de trabalho, pela falta de desenvolvimento de competências práticas durante a formação. Estudar o ensino na engenharia e como são abordados os conceitos teórico-práticos trazem um suporte para entender as principais deficiências do sistema.

A Saúde e Segurança Ocupacional (SSO) é uma área comum na maioria dos programas de engenharia, caracterizada por seus conceitos lógicos e precisos e definições dos campos da saúde e sociologia (Zhang et al., 2018). Esta área abrange ergonomia, higiene industrial, psicologia do trabalho, segurança do trabalho e fatores humanos, que visam garantir o bem-estar psicofisiológico dos trabalhadores durante suas atividades, garantindo o máximo de proteção e conforto possível (IEA, 2021). Além disso, estas áreas de trabalho podem ser

investigadas para identificar desperdício e problemas a fim de aumentar a produtividade, sem comprometer a saúde e a segurança dos profissionais (Dul e Neumann, 2009; Kolus et al., 2018; Lanzotti et al., 2020).

Os conhecimentos e habilidades adquiridos em SSO são necessários e essenciais para engenheiros profissionais, uma vez que também permitem ganhos de produtividade no sistema com base na compreensão do bem-estar físico e psicológico do trabalhador (Wilson, 2014; Bolis et al., 2020). Como exemplos de atividades nesta área, pode-se mencionar a análise da atividade e organização do trabalho (Saurin e Patriarca, 2020), investigação de acidentes (Behm et al., 2014), análise da carga física e mental de trabalho (Dul et al., 2012), aplicação de ferramentas de desempenho, avaliação de riscos e controle (Menzemer et al., 2023), e o desenvolvimento de produtos ergonômicos. Portanto, um profissional de SSO pode analisar todo o ambiente de trabalho e promover melhorias com base na percepção do trabalhador.

No entanto, ensinar os conceitos relacionados à SSO e sua aplicação em um ambiente de trabalho é desafiador. A complexidade do campo está na união entre os conceitos da prática da engenharia, das necessidades de produção da empresa e do fator humano do trabalhador. Um estudante de engenharia precisa entender que é responsável pelo bem-estar dos trabalhadores, buscando resolver problemas para reduzir o número de distúrbios relacionados ao trabalho, doenças e acidentes (Oviedo-Trespalacios et al., 2015).

Além disso, um aluno precisa entender a importância do trabalhador para a empresa e para a sociedade no contexto em que ele participa (SAI, 2014). A exposição desse estudante a diferentes estratégias de aprendizado pode fornecer competências como responsabilidade social, ética e competências profissionais (Pomales-García e Liu, 2007; Kunrath et al., 2020). No entanto, o modo como são instigadas as questões relacionadas à humanização de um profissional de engenharia ainda são pouco estudadas (Mazzurco e Daniel, 2020).

A SSO também exige criatividade dos profissionais no mercado de trabalho (Bodnar et al., 2016). Os problemas complexos nessa área envolvem o fator

humano e, portanto, é necessário pesquisar e analisar o ambiente de trabalho a partir de diferentes percepções. Com atividades e resolução de problemas, ambientes realistas geralmente estimulam a criatividade do estudante (Marbouti et al., 2018) e sua utilização na tomada de decisões para soluções adequadas de melhoria (García-Fayos et al., 2020).

Nesse contexto, a aprendizagem ativa começou a garantir que as aulas fossem mais atrativas e desafiadoras para os estudantes, visando aumentar seu interesse e concentração (Cerezo-Narváez et al., 2019; Lo" e Hew, 2019). Por outro lado, poucos estudos na educação em engenharia mostram que a aprendizagem ativa pode ser usada para ensinar conceitos de SSO (Astolfi et al., 2016). Desta maneira, o ensino de SSO na engenharia também se torna um desafio, tornando evidente a necessidade de uma revisão das estratégias utilizadas para o ensino. Devido à essa lacuna na literatura, os professores e tutores não se sentem confiantes e seguros em aplicar essas estratégias, pois não conhecem suas vantagens e limitações. Por esse motivo, o ensino está cada vez mais atrasado e distante da forma como as outras áreas da engenharia são ensinadas (Din e Gibson Jr., 2019).

Portanto, o objetivo deste estudo é investigar as estratégias de aprendizagem ativa usadas para ensinar SSO na engenharia, evidenciando suas principais características e vantagens. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, a fim de responder à seguinte questão central de pesquisa: *Quais são as estratégias de aprendizagem ativa que podem ser aplicadas para o ensino de SSO na engenharia?*

A pesquisa examina as abordagens atualmente utilizadas no ensino de SSO, seja exclusivamente ou em relação a outras áreas da engenharia. Essa ideia justifica a presente revisão, pois ela mostra estudos de pesquisa sobre o ensino dessas disciplinas em várias especialidades da engenharia. Além disso, também é explicada pela ausência de revisões sistemáticas que discutam conceitos de aprendizagem ativa e SSO, contribuindo para o campo acadêmico em relação à situação real da combinação desses campos. Os profissionais precisam

entender as estratégias de aprendizagem ativa que têm sido usadas e sua definição, suas forças e fraquezas, e o que contribuem além do conteúdo teórico.

2.2 METODOLOGIA

A metodologia da Revisão Sistemática de Literatura (RSL) permite investigar conceitos e dados que já foram publicados na literatura em um determinado campo, respondendo a um conjunto de perguntas preestabelecidas e avaliando a autenticidade das informações pesquisadas (Linde e Willich, 2003; Tranfield et al., 2003; Becheikh et al., 2006). Essa metodologia, realizada por meio de revisão por pares, garante imparcialidade na escolha dos artigos a serem analisados com base em um passo a passo padronizado, evitando interferências ao longo do processo (Liberati et al., 2009; Hallinger, 2013).

O protocolo PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) foi usado para orientar a pesquisa, auxiliando na escolha, análise e organização dos artigos a serem selecionados (Page et al., 2021). Esse protocolo é conduzido e sistematizado por diferentes etapas e ajuda os pesquisadores a seguir as etapas de uma revisão sistemática. Ele garante a autenticidade e imparcialidade com base em três etapas - identificação, triagem e inclusão. É possível garantir uma revisão completa e transparente com a ajuda do PRISMA, contemplando diversos estudos no campo (Moher et al., 2009). Além do PRISMA, o *software State of Art through Systematic Review - StArt* (LAPES, 2018) foi usado, contendo as etapas descritas pelo protocolo para melhorar e sistematizar a organização dos artigos.

Antes da realização desta revisão sistemática, foi desenvolvida uma revisão exploratória preliminar, no intuito de conhecer os termos utilizados nas áreas de SSO e os principais autores na literatura internacional. Isto permitiu uma maior compreensão do conjunto de publicações, bem como para evidenciar as principais bases utilizadas na publicação de artigos da área da engenharia. O procedimento metodológico revisão foi dividido em cinco etapas: i) formulação da questão da pergunta, ii) localização de estudos, iii) seleção e avaliação de estudos, iv) análise e síntese, e v) apresentação e utilização dos resultados.

2.2.1 Etapa 01 – Formulação da questão de pesquisa

A formulação da questão de pesquisa geral e das perguntas a serem respondidas pelos artigos coletados foram baseadas no modelo PICO (*Population - P, Intervention - I, Control - C, Outcomes - O*) (Santos et al., 2007). Com essas quatro palavras, o *framework* permite o desenvolvimento de uma pergunta mais apropriada, evitando pesquisas desnecessárias, permitindo focar no escopo do estudo e maximizar a coleta dos dados desejados (Castellucci et al., 2020).

De forma mais ampla do que mencionado na introdução, a pergunta de pesquisa é: Em relação aos estudantes de graduação em engenharia (P), quais são as estratégias de aprendizagem ativa (I) mais recomendadas para melhorar (C) o ensino de SSO em programas de engenharia (O)? Além da pergunta principal, outras perguntas suplementares foram formuladas para ajudar na seleção e coleta de artigos e na análise dos dados obtidos por esta revisão sistemática:

- RQ1. Quais estratégias de aprendizagem ativa são utilizadas nas áreas relacionadas à SSO nas especialidades de engenharia?
- RQ2. Quais são as vantagens e desvantagens de usar cada estratégia?
- RQ3. Que competências os estudantes estão desenvolvendo com base nessas estratégias?

2.2.2 Etapa 02 – Localização dos estudos

Os artigos foram coletados em quatro bases periódicas diferentes para responder às perguntas mencionadas anteriormente. Essa escolha das bases foi fundamentada nos tópicos abordados para abranger o maior número de artigos importantes nas áreas cobertas: *Scopus*, *Science Direct* e *Wiley Library Online* relacionadas à ciência, tecnologia e engenharia, e *PubMed Central*, relacionada à saúde. Na revisão exploratória, essas bases apresentaram uma excelente representação de artigos sobre o tema desta revisão sistemática. Foi usada uma combinação booleana de palavras dentro dessas bases, visando cobrir as áreas principais pesquisadas - educação em engenharia e SSO, conforme a Figura 04. A equação MeSH foi usada para buscar no PubMed artigos mais específicos.

Figura 04 – Estratégia de pesquisa da revisão

"Engineering Education" AND (Ergonomics OR "Human Factors" OR "Safety at work" OR "Health at work" OR "Occupational Health and Safety") AND Methodolog* AND ("Active learning" OR Simulation OR "-based" OR "Problem")

2.2.3 Etapa 03 – Seleção e avaliação dos estudos

Foram adotados três critérios principais de exclusão para os artigos: (i) artigos escritos em idiomas diferentes do inglês foram excluídos, uma vez que o inglês é tratado como a língua universal na maioria dos periódicos; (ii) todos os artigos que não possuísem uma revisão às cegas e por pares para serem publicados, sendo também desconsiderando livros, capítulos de livros ou de conferências; e (iii) artigos publicados antes do ano 2000. Este intervalo de tempo tem como objetivo abranger os últimos vinte e três anos (até abril de 2023), uma vez que mudanças significativas ocorreram na área. O Protocolo de revisão apresentado no Quadro 01 inclui artigos que cobrem as perguntas feitas em relação à análise de conteúdo e as informações a serem coletadas.

Quadro 01 – Protocolo da revisão sistemática

Estágio	Informação
Dados gerais	Ano de publicação; autores; título; palavras-chave; país de origem; e periódico publicado
Análise de conteúdo	Título, palavras-chave, resumo e objetivo do artigo Se em alguma das questões abaixo a resposta for positiva, o artigo é selecionado: i. Apresenta uma estratégia de aprendizagem ativa usada no ensino de SSO em engenharia? ii. Apresenta vantagens ou desvantagens destas estratégias? iii. Apresenta competências desenvolvidas por estratégias ativas?
	Todo o texto Se em alguma das questões abaixo a resposta for positiva, o artigo é selecionado: i. Apresenta uma estratégia de aprendizagem ativa usada no ensino de SSO em engenharia? ii. Apresenta vantagens ou desvantagens destas estratégias? iii. Apresenta competências desenvolvidas por estratégias ativas?
Extração de dados	Diferentes estratégias de aprendizagem ativa e suas especificidades; Vantagens e desvantagens relacionadas ao uso destas estratégias; Competências projetadas para serem desenvolvidas.

2.2.4 Etapa 04 – Análise e Síntese

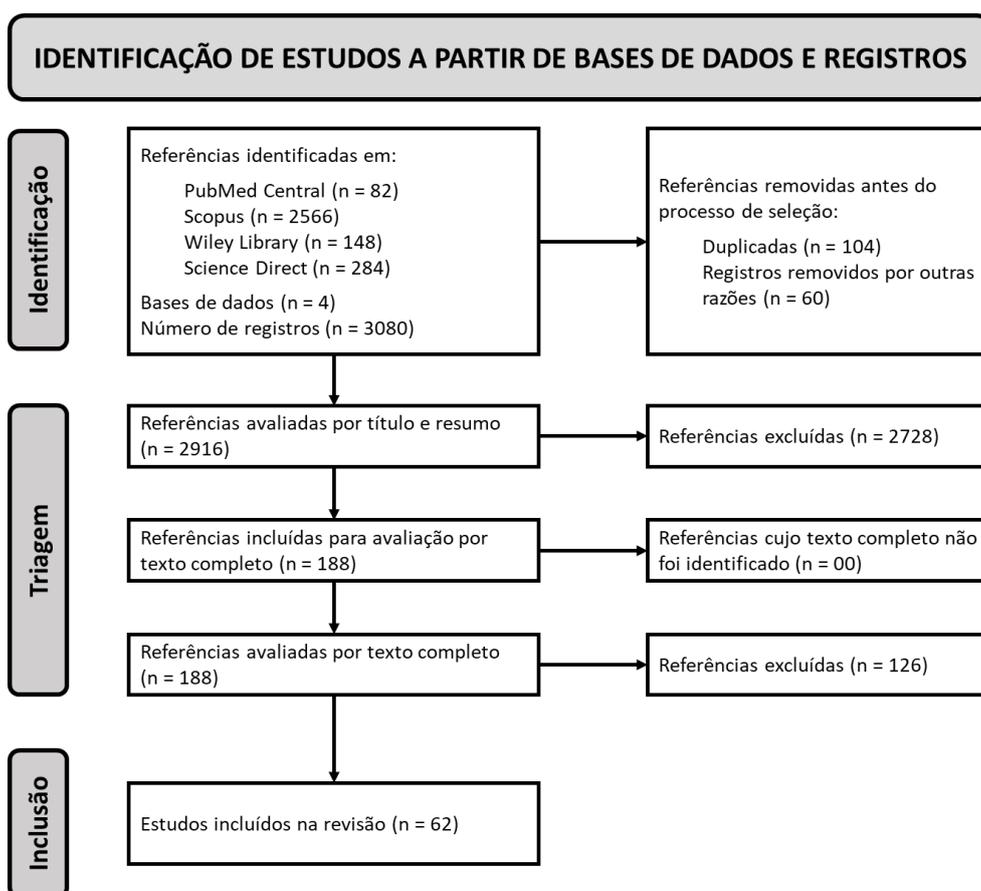
Com um viés quantitativo, os artigos foram avaliados com base em suas principais características (título, ano, autores, citações e texto) para realizar uma análise bibliométrica. A nota obtida com base nessa avaliação também mostra um índice de relevância do artigo para a pesquisa. O *software Publish or Perish* foi usado para identificar o número de citações de artigos globalmente (Harzing, 2007), com base nos critérios desenvolvidos por Vieira e Amaral (2016). A pesquisa sobre as citações dos artigos foi realizada em abril de 2023. Esse procedimento também foi realizado para verificar possíveis novas fontes para os artigos escolhidos por esta revisão.

Uma outra análise quantitativa foi realizada usando uma lista de verificação desenvolvida com base em Borrego et al. (2015), mostrada no Apêndice A. Nessa avaliação, a nota máxima que o artigo analisado pode alcançar é 15 pontos; cada pergunta analisada corresponde a 1 ponto em relação ao corpo de texto destes estudos. As avaliações foram realizadas com base em três marcas distintas: 0,0, quando não apresenta o que está sendo solicitado; 0,5, quando apresenta o que é solicitado sem uma análise aprofundada ou clareza; ou 1,0, quando apresenta o que é solicitado em detalhes.

2.2.5 Etapa 05 – Apresentação e utilização dos resultados

Inicialmente, dois pesquisadores realizaram esta revisão, conforme recomendado pelo protocolo PRISMA 2020, permitindo uma maior confiabilidade na decisão de aprovar ou não os artigos na pesquisa. Quando houve discordâncias em relação à inclusão de artigos, coube a um terceiro sujeito, não autor e com experiência na área de estudo, resolver o impasse, evitando qualquer discrepância. A Figura 05 mostra uma descrição detalhada da análise, seguindo o protocolo PRISMA. As outras razões para remover artigos na fase de identificação foram a presença de capítulos de livros e artigos em outros idiomas, enviados por engano pelas bases de dados.

Figura 05 – Estrutura da pesquisa de acordo com o protocolo PRISMA 2020



Foram encontrados 3.080 artigos durante a fase de identificação, a partir da coleta inicial nas quatro bases de dados selecionadas. Após inseri-los no StArt, 104 foram identificados como duplicatas e removidos. Na fase de seleção, foi realizada uma triagem com base em dois preceitos: análise do título e do resumo. Dessa forma, 2.916 artigos foram selecionados, eliminando 2.728 e 188 artigos permaneceram. Para a etapa de seleção, foram utilizadas as perguntas apresentadas no protocolo (Quadro 01), em que pelo menos uma delas deveria ter uma resposta afirmativa.

Os 188 artigos foram lidos na íntegra durante a etapa de triagem, analisando se poderiam responder pelo menos a uma das três perguntas descritas no protocolo de pesquisa. Por fim, foi possível identificar 62 artigos que as responderam, excluindo 126. Optou-se por não incluir artigos de leituras gerais na base de

dados de pesquisa para não perder a imparcialidade e a rigorosidade descritas por Becheikh et al. (2006).

2.3 RESULTADOS

Os resultados foram divididos em diferentes itens para facilitar a interpretação. Primeiramente, foi realizada uma análise bibliométrica dos estudos encontrados na literatura, mostrando suas principais características e a avaliação descrita no *checklist* do Apêndice A. Em seguida, os resultados encontrados foram descritos para cada uma das três perguntas propostas pela pesquisa. No final, foi realizada uma discussão, confrontando os resultados qualitativos e quantitativos do estudo. A tabela do Apêndice B fornece um esquema mostrando as respostas às perguntas em cada um dos estudos selecionados.

2.3.1 Análise quantitativa

O resultado final após a aplicação do protocolo PRISMA foi um total de 62 artigos, analisados quantitativamente quanto às suas características, estrutura e redação. As características dos artigos foram resumidas na Tabela 01, de acordo com as questões de pesquisa (RQ1 - RQ3), incluindo a base de dados do artigo, o ano de publicação, o tipo de pesquisa elaborada, a origem dos principais autores e a revista na qual foi publicado.

A Tabela 01 mostra o número de artigos analisados. A *Scopus* foi a base de dados com o maior número de artigos, com 33 artigos (54%). O continente destacado para artigos publicados foi a Europa e o país destacado foi Estados Unidos, com 15 artigos; o periódico destaque foi o *Journal of Engineering Education*, com nove artigos. Diversos tipos de pesquisa enfatizaram a pesquisa qualitativa, com 29 artigos (47%).

Tabela 01 – Síntese das principais características dos artigos da revisão sistemática

		RQ1		RQ2		RQ3		Total	
		N	%	N	%	N	%	N	%
N. de estudos*		49	79,03%	36	58,06%	41	66,13%	62	100,00%
Base de dados	Scopus	30	61,22%	17	47,22%	21	51,22%	33	53,23%
	Science Direct	11	22,45%	11	30,56%	10	24,39%	17	27,42%
	Wiley Library Online	5	10,20%	6	16,67%	8	19,51%	9	14,52%
	PubMed Central	3	6,12%	2	5,56%	2	4,88%	3	4,84%
Ano	2023	3	6,12%	1	2,78%	0	0,00%	3	4,84%
	2022	4	8,16%	3	8,33%	4	9,76%	6	9,68%
	2021	9	18,37%	6	16,67%	7	17,07%	9	14,52%
	2020	8	16,33%	4	11,11%	7	17,07%	10	16,13%
	2019	5	10,20%	4	11,11%	1	2,44%	5	8,06%
	2018	3	6,12%	2	5,56%	2	4,88%	3	4,84%
	2017	0	0,00%	0	0,00%	1	2,44%	1	1,61%
	2016	4	8,16%	2	5,56%	3	7,32%	4	6,45%
	2011-2015	8	16,33%	7	19,44%	8	19,51%	12	19,35%
	2006-2010	3	6,12%	3	8,33%	5	12,20%	5	8,06%
2000-2005	2	4,08%	4	11,11%	3	7,32%	4	6,45%	
Tipo de pesquisa	Pesquisa qualitativa	23	46,94%	17	47,22%	19	46,34%	29	46,77%
	Pesquisa quantitativa	12	24,49%	6	16,67%	9	21,95%	15	24,19%
	Pesquisa quali quantitativa	11	22,45%	10	27,78%	10	24,39%	14	22,58%
	Revisão qualitativa	3	6,12%	3	8,33%	3	7,32%	4	6,45%
País	Estados Unidos da América	12	24,49%	10	27,78%	9	21,95%	15	24,19%
	Austrália	4	8,16%	3	8,33%	4	9,76%	6	9,68%
	Espanha	6	12,24%	4	11,11%	6	14,63%	6	9,68%
	China	4	8,16%	2	5,56%	1	2,44%	5	8,06%
	Brasil	4	8,16%	3	8,33%	2	4,88%	4	6,45%
	Outros países	19	38,78%	14	38,89%	19	46,34%	26	41,94%
Continente**	Europa (12)	16	32,65%	10	27,78%	14	34,15%	18	29,03%
	América do Norte (2)	13	26,53%	11	30,56%	10	24,39%	16	25,81%
	Ásia (7)	10	20,41%	6	16,67%	7	17,07%	14	22,58%
	Oceania (2)	5	10,20%	4	11,11%	5	12,20%	7	11,29%
	América do Sul (2)	4	8,16%	4	11,11%	3	7,32%	5	8,06%
	África (2)	1	2,04%	1	2,78%	2	4,88%	2	3,23%
Periódico	Journal of Engineering Education	7	14,29%	5	13,89%	6	14,63%	9	14,52%
	Safety Science	3	6,12%	3	8,33%	0	0,00%	4	6,45%
	Procedia Social and Education and Training	0	0,00%	1	2,78%	3	7,32%	3	4,84%
	Education for Chemical	2	4,08%	2	5,56%	1	2,44%	2	3,23%
	HF Ergonomics in Manufac.	2	4,08%	1	2,78%	2	4,88%	2	3,23%
	Journal of Cleaner	1	2,04%	1	2,78%	2	4,88%	2	3,23%
	Procedia Manufacturing	2	4,08%	1	2,78%	1	2,44%	2	3,23%
	Sustainability	1	2,04%	1	2,78%	1	2,44%	2	3,23%
	Thinking Skills and	2	4,08%	1	2,78%	0	0,00%	2	3,23%
	Outros periódicos	27	55,10%	19	52,78%	23	56,10%	32	51,61%

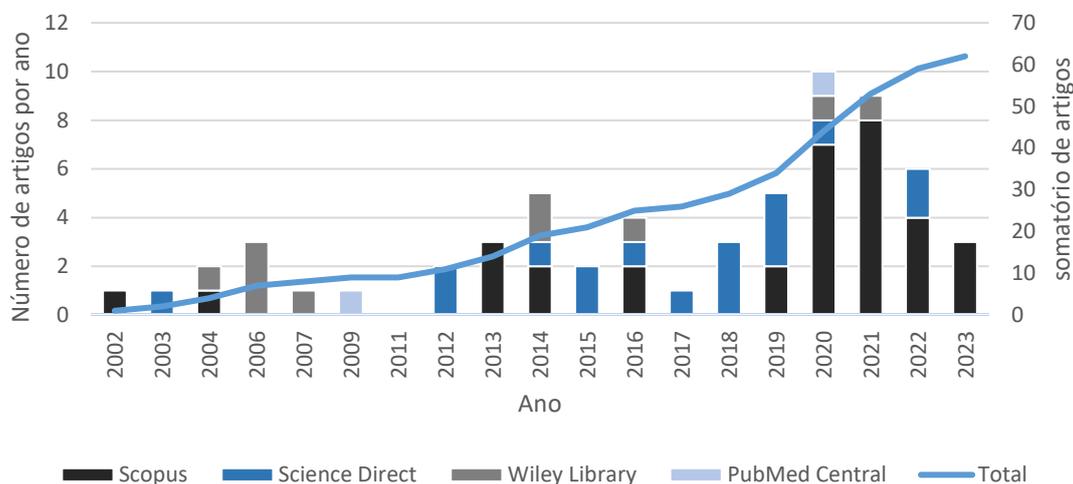
* Em alguns casos, o número total é maior que 62, pois alguns artigos se encaixam em duas ou mais RQs.

** Em parênteses encontram-se o número de países presentes de cada continente.

Conforme destacado, há uma tendência crescente de pesquisa nesse campo - o ensino de SSO na engenharia. Foram observados artigos com estudos aplicados ou experimentais e revisões da literatura desde os anos 2000,

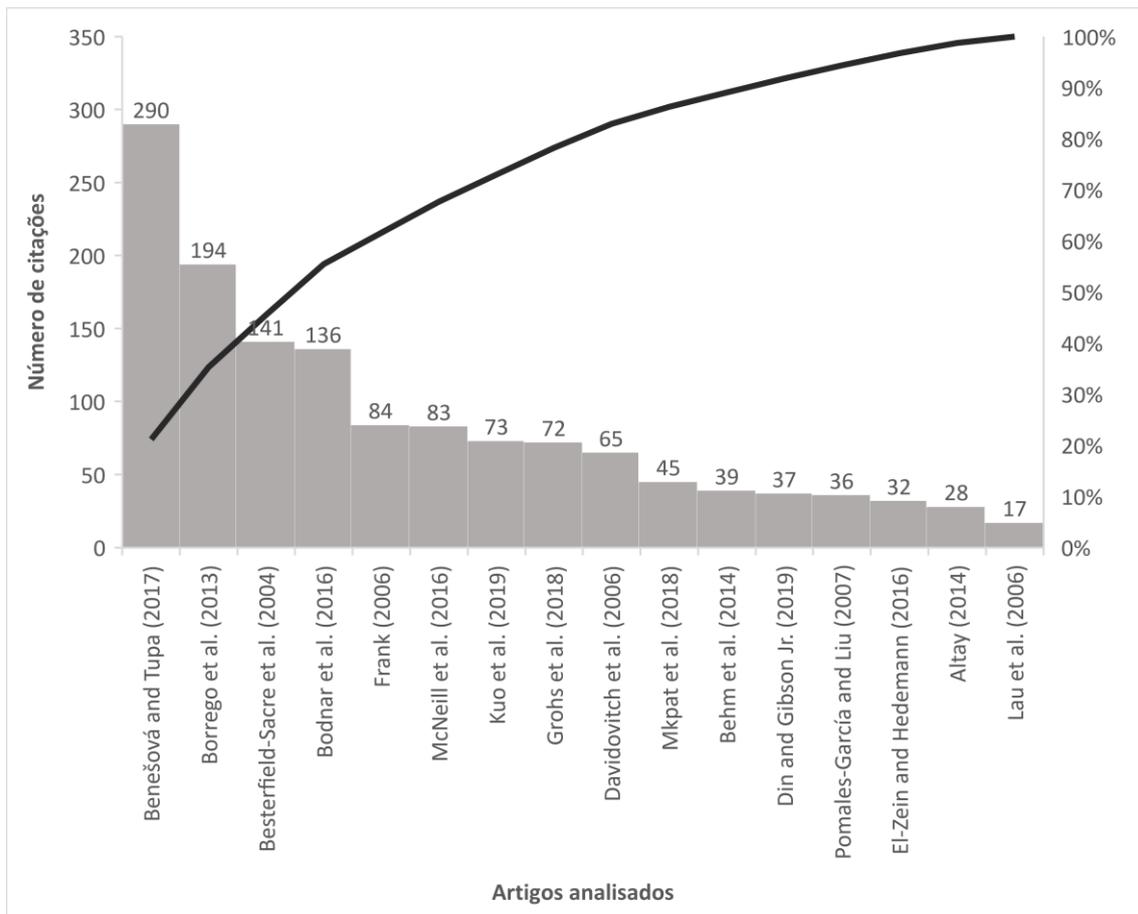
atingindo o ápice em 2020. Na Figura 06, é possível identificar essa tendência crescente, destacando o número de artigos em cada uma das quatro bases investigadas.

Figura 06 – Artigos selecionados de acordo com o ano e base de dados



O número total de citações dos artigos selecionados por esta pesquisa foi de 1.672, com uma média de 26 citações por artigo. As citações de destaque nesta análise são dos artigos de Benešová e Tupa (2017), Borrego et al. (2013), Besterfield-Sacre et al. (2004), Bodnar et al. (2016) e Frank (2006). A Figura 07 mostra que esses cinco artigos correspondem juntos a aproximadamente 51% das citações dos artigos analisados por este estudo. Nesta figura, a linha destacada acima das colunas corresponde à porcentagem acumulada de citações que os artigos têm no momento da pesquisa.

Figura 07 – Número de citações dos artigos da revisão sistemática



Usando um *checklist* mostrado no Apêndice A os artigos foram avaliados em 15 itens com base no conteúdo apresentado (introdução, fundamentação teórica, metodologia, resultados, discussão e conclusão). Após uma avaliação por pares, os resultados são apresentados no Quadro 02. Considerando a média e o desvio padrão das avaliações, a nota máxima que pode ser alcançada por pergunta é de 1 ponto, de modo que o artigo analisado pode atingir no máximo 15 pontos.

Quadro 02 – Média e desvio padrão das questões avaliadas nos artigos

ITENS AVALIADOS		M	DP
INTRODUÇÃO	1a Objetivo claro e identificável	0.919	0.205
	1b Justificativa para a realização do estudo	0.944	0.158
	1c Questão de pesquisa relacionada ao objetivo	0.435	0.488
REFERENCIAL TEÓRICO	2a O artigo apresenta os conceitos para entender o estudo	0.952	0.148
	2b Framework conceitual englobando os tópicos da pesquisa	0.177	0.382
METODOLOGIA	3a Procedimento metodológico apresentado passo a passo	0.839	0.295
	3b Métodos para testar a confiabilidade dos resultados	0.411	0.480
	3c Amostra passível para validar objetivos	0.661	0.419
	3d Metodologia condiz com o objetivo e os objetivos	0.847	0.278
RESULTADOS E DISCUSSÃO	4a Resultados apresentados de maneira clara	0.952	0.173
	4b Utilização de gráficos e tabelas para sintetizar resultados	0.879	0.307
CONCLUSÃO	5a Possibilidade de replicação do estudo	0.806	0.303
	5b Conclusão responde o objetivo inicial	0.863	0.257
	5c Profundidade do estudo	0.815	0.273
	5d Apresentação de limitações e estudos futuros	0.774	0.356
T Média de todos os conceitos		0.755	

M significa média e DP significa desvio padrão; Todas as variáveis tem o valor máximo de 1 ponto e o valor mínimo de 0 pontos; Para cada item, três valores podem ser dados: 0,0, 0,5 ou 1; Médias e desvio padrão foram construídas baseadas nas avaliações de cada artigo.

O Quadro 02 mostra os itens melhor avaliados na análise dos artigos, destacados em cinza. Observa-se que a maioria dos artigos apresenta as definições necessárias para entender o estudo (2a), bem como uma justificativa para realizar o estudo (1b) e resultados apresentados de forma clara (4a). Esses são alguns dos principais pontos para entender satisfatoriamente um trabalho. É possível destacar que o desvio padrão desses itens é baixo, garantindo a semelhança de notas máximas em várias avaliações. Por outro lado, algumas perguntas podem ser destacadas de forma negativa: *framework* conceitual abrangendo os tópicos de pesquisa (2b), questão de pesquisa relacionada ao objetivo (1c) e métodos para testar a confiabilidade dos resultados (3b). Observa-

se que esses fatores são importantes em estudos de grande relevância, como os avaliados. No entanto, eles não são essenciais para entender a pesquisa.

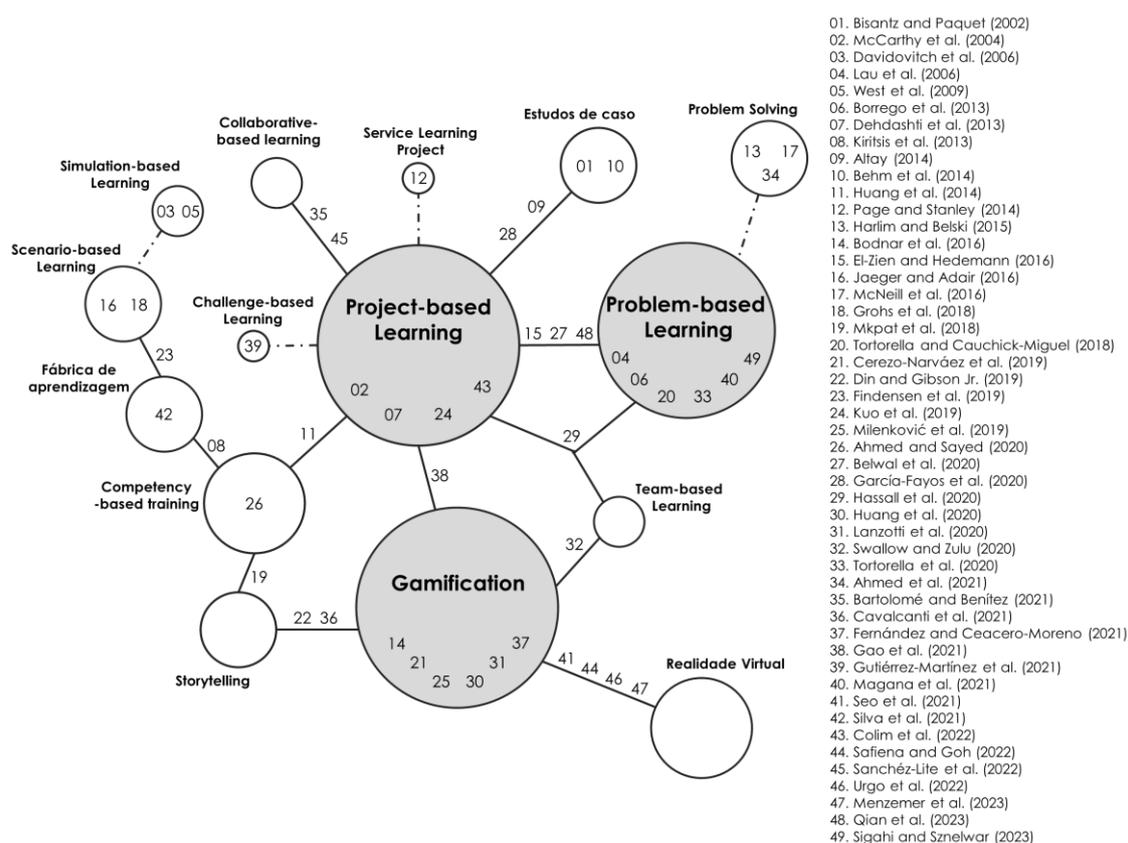
Foi possível mostrar os artigos que apresentaram as maiores avaliações individuais entre os estudos analisados. Por exemplo, Borrego et al. (2013), com 15 pontos; McNeill et al. (2016), com 14,5 pontos; Cerezo-Narváez et al. (2019), Ahmed e Sayed (2020), Mukhtar et al. (2020), Safiena e Goh (2022), Menzemer et al. (2023) e Qian et al. (2023) com 14 pontos. O Apêndice B apresenta as pontuações para cada referência analisada neste artigo.

Com base na análise quantitativa, também foi constatado que os artigos coletados nesta pesquisa não se citam mutuamente. Essa consideração pode corroborar a ideia de que há uma extensa literatura sobre educação em engenharia e campos relacionados. Além disso, os artigos analisados não citaram um artigo em comum, e observa-se que cada um deles usou referências distintas. Também foi constatada uma falta de trabalhos consecutivos sobre o mesmo tema, e ficou claro que os autores não desenvolveram uma linha de pesquisa sobre esse assunto. Apenas dois artigos coletados são semelhantes em seu tópico e resultados de pesquisa (Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018; Tortorella et al., 2020).

2.3.2 RQ1 – Estratégias de aprendizagem ativa usadas no ensino da SSO

Na primeira questão de pesquisa respondida por esta revisão, 49 artigos contribuíram com 15 estratégias de aprendizagem ativa no ensino de estudantes de engenharia. Na Figura 08, é possível ver os artigos que trazem cada uma das estratégias, de forma única e isolada ou quando duas ou mais. Os números dentro dos balões expressam que apenas a respectiva estratégia foi utilizada pelos autores indicados na legenda. Por outro lado, os números que se encontram sobre os traços indicam a citação de duas ou mais estratégias correspondentes. Por fim, o tracejado diz respeito às estratégias de aprendizagem ativa encontradas na literatura que são consideradas semelhantes. Deve-se também destacar que o tamanho do balão é proporcional ao número de artigos que utilizam as respectivas estratégias.

Figura 08 – Estratégias de aprendizagem ativa utilizadas pelos autores



A estratégia mais utilizada foi a *gamificação* e seus principais desdobramentos. Para fins gerais, a *gamificação* pode ser definida como ensino baseado em entretenimento (Din e Gibson Jr., 2019), utilizando um ou mais elementos de jogos, como pontos, distintivos ou tabuleiros, além de barras de progresso (Cerezo-Narváez et al., 2019). Fernández e Ceacero-Moreno (2021) acrescentam que a gamificação é todo o processo de aprendizagem que envolve interação entre humanos e computadores com o uso de jogos ou com o uso de tabuleiros e peças físicas.

Na amostra dos artigos coletados, a gamificação foi usada na forma de peças, como *Legó® Serious Play®* (Cerezo-Narváez et al., 2019) e jogos de realidade virtual (Lanzotti et al., 2020; Swallow e Zulu, 2020; Cavalcanti et al., 2021; Urgo et al., 2022). A realidade virtual é o uso de tecnologia e computadores para criar ambientes ou situações diferentes que se assemelham ao mundo real (Seo et

al., 2021; Safiena e Goh, 2022; Menzemer et al., 2023). Além disso, os artigos mostraram plataformas online para ensino (Din e Gibson Jr., 2019; Fernández e Ceacero-Moreno, 2021; Milenković et al., 2019), e alguns combinam questões fisiológicas dos estudantes com o aprendizado (Huang et al., 2014). Esses autores as denominam como *Web-based Learning* (WBL). Uma revisão da literatura também foi observada (Bodnar et al., 2016), que investigou a implementação da gamificação no ensino de estudantes de engenharia.

Outra abordagem bastante citada foi a *Problem-based Learning* (PBL). Esta estratégia pode ser caracterizada como uma abordagem centrada no estudante, em que este aprende de maneira ativa, integrada e construtiva com base em fatores sociais e contextuais (Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018; Magana et al., 2021; Qian et al., 2023). O PBL faz com que o estudante desenvolva os principais conceitos para resolver problemas propostos pelo professor com base em diferentes questões (El-Zein e Hedemann, 2016; Belwal et al., 2020). Os professores podem usar problemas estruturados, desenvolvendo exercícios com variáveis estipuladas e padronizadas, ou problemas não estruturados, retirando as características do problema diretamente da realidade.

Outras duas revisões foram observadas que tratavam dos conceitos relacionados ao PBL (Borrego et al., 2013; El-Zein e Hedemann, 2016), na qual foram publicadas críticas à estratégia. Outros trabalhos aplicaram a estratégia para ensinar manufatura enxuta (Tortorella et al., 2020) e risco e segurança de processos (Hassall et al., 2020; Sigahi e Sznelwar, 2023). Além disso, uma plataforma baseada em conceitos de PBL foi desenvolvida para ensinar Engenharia de Produção, incluindo conceitos de ergonomia (Lau et al., 2006). A pesquisa também encontrou trabalhos com *Problem Solving* (PS) estruturada no ensino de engenharia (Harlim e Belski, 2015; McNeill et al., 2016; Ahmed et al., 2021).

Assim como o PBL, a aquisição de conhecimento na *Project-based Learning* (PjBL) baseia-se na elaboração e resolução de projetos bem estruturados que exigem um planejamento extenso (Desdashti et al., 2013). Nesse caso, com base em uma abordagem multidisciplinar, os estudantes são convidados a

vivenciar suas futuras profissões com uma abordagem prática (McCarthy et al., 2004), resolvendo problemas da vida real do início ao fim (Kuo et al., 2019) e com o uso da gamificação (Gao et al., 2021). Vários autores indicam o uso do PjBL para ensinar SSO, com base em suas práticas de segurança (Qian et al., 2023) e ergonomia (Colim et al., 2022).

Os artigos encontrados relacionados ao PjBL utilizam o método e a avaliação do conhecimento adquirido pelos estudantes (Belwal et al., 2020; McCarthy et al., 2004), enquanto outros consideram uma boa forma de ensinar com base na prática (García-Fayos et al., 2020; Hassall et al., 2020). As revisões da literatura apresentam críticas a essa abordagem de ensino (El-Zein e Hedemann, 2016), enquanto outros garantem que é uma forma interessante de ensinar, especialmente em tempos de pandemia (Huang et al., 2020). Pesquisadores também desenvolveram um método interdisciplinar baseado em conceitos de PjBL em suas aulas chamado STEM IPBL (Kuo et al., 2019).

Outras estratégias, como *Scenario-based Learning* (ScBL), também foram evidenciadas. A ideia é ensinar os alunos conceitos com base em cenários cotidianos comuns (Jaeger e Adair, 2016), problemas não estruturados desenvolvidos pelos autores (Grohs et al., 2018) e aqueles desenvolvidos em laboratórios (Findeisen et al., 2019). *Simulation-based Learning* (SiBL) é considerada uma estratégia semelhante à criação de cenários e é utilizada para simulações ao lidar com problemas de prevenção de acidentes, juntamente com o uso do computador (Davidovitch et al., 2006; West et al., 2009).

Team-based Learning (TBL) é outra estratégia que permite aos estudantes desenvolver competências colaborativas e é utilizada juntamente com outras abordagens para ampliar o aprendizado (Hassall et al., 2020; Swallow e Zulu, 2020). Outro método utilizado foi o *Competency-based Learning* (CBT), que é um sistema baseado nas competências desenvolvidas pelos estudantes a partir de testes nos quais suas capacidades devem ser apresentadas, como cooperação, participação e competição (Mkpat et al., 2018; Ahmed e Sayed, 2020; Huang et al., 2020). Por outro lado, o *Service Learning Project* (SLP) expõe

os estudantes a problemas da vida real e seus contextos sociais e é utilizado para ensinar ergonomia (Page e Stanley, 2014).

Também foi evidenciado o uso de *estudos de caso* para ensinar. Nesses estudos foram apresentadas diferentes questões reais, com muitos detalhes sobre a situação e seus acidentes e problemas, para sugerir soluções relacionadas a riscos e segurança (Bisantz e Paquet, 2002; Behm et al., 2014; García-Fayos et al., 2020). Em alguns casos, o estudo de caso foi usado em conjunto com o PjBL para ensinar SSO (Altay, 2014). Semelhante aos estudos de caso, *fábricas de aprendizado* também foram usadas. Esses locais são laboratórios que fornecem uma representação realista de uma fábrica com elementos físicos para que a aprendizagem seja baseada em experiências e simulações de situações (Kiritsis et al., 2013; Findeisen et al., 2019; Silva et al., 2021). Outros experimentos, como *storytelling*, foram realizados para incorporar diferentes estratégias aplicadas (Mkpat et al., 2018; Din e Gibson Jr., 2019; Cavalcanti et al., 2021).

Outra estratégia que surgiu é *Challenge-based Learning*. Semelhante ao PjBL, envolve os estudantes desenvolvendo conhecimento por meio de colaboração em grupo para analisar e resolver desafios, discutir e ganhar experiência (Gutiérrez-Martínez et al., 2021). Da mesma forma, a *Collaborative-based Learning* envolve experiências de aprendizado compartilhadas por meio de trabalho em grupo em estratégias semelhantes ao PBL e PjBL (Bartolomé e Benítez, 2021; Sanchez-Lite et al., 2022).

2.3.3 RQ2 – Vantagens e desvantagens do uso de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da SSO

Existem várias vantagens em usar estratégias de aprendizagem ativa, e muitas delas foram testadas e validadas em práticas e observações, onde a principal encontrada nos 36 artigos que responderam a RQ2 é o desenvolvimento de competências relacionadas à solução de problemas. O engajamento observado pelos estudantes ao experimentar a prática da solução de problemas da vida real é a grande vantagem dessas abordagens (Dehdashti et al., 2013; Grohs et al., 2018; Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018). Eles transformam conceitos em proposições para melhorias aplicadas ao sistema (Lau et al., 2006; West et al.,

2009; Belwal et al., 2020; Ahmed et al., 2021). Isso diz respeito tanto a problemas estruturados quanto a não estruturados (Harlim e Belski, 2015), especialmente seu caráter multidisciplinar (García-Fayos et al., 2020), incentivando-os a tomar decisões ao lidar com esses problemas reais (Colim et al., 2022).

A experiência prática na resolução de problemas reais permite que os estudantes apliquem o que foi apresentado de forma teórica na universidade (Page e Stanley, 2014; Bodnar et al., 2016; Motalifu et al., 2022). Assim, a realidade do estudante de diferentes estímulos é disponibilizada, mostrando evidências de questões relacionadas à criatividade e tomada de decisões (Davidovitch et al., 2006; Cerezo-Narváez et al., 2019), quando eles enfrentam desafios e adquirem conhecimento profundo (Gutiérrez-Martínez et al., 2021). Isso contribui para a competição construtiva e a colaboração (Milenković et al., 2019) e reduz a lacuna entre aprendizado e ambientes reais (Kiritsis et al., 2013).

Diferentes estratégias de aprendizagem ativa também estão relacionadas à criação de ambientes diferentes que aumentam a motivação, satisfação e participação dos estudantes (Seo et al., 2021; Urgo et al., 2022). Os cenários criados são propícios para SSO (Cavalcanti et al., 2021), pois estimulam a aprendizagem profunda dos alunos por meio de desafios (Gutiérrez-Martínez et al., 2021) e suas respectivas soluções (Altay, 2014). Além do conhecimento, diversas competências são necessárias para um engenheiro (Bartolomé e Benítez, 2021), que podem ser desenvolvidas por meio de atividades como análise, síntese, avaliação e escuta (Silva et al., 2021).

Outro ponto muito discutido foi o desenvolvimento de competências em seu próprio ritmo (Toft et al., 2003; Kiritsis et al., 2013; Findeisen et al., 2019; Ahmed e Sayed, 2020). Observa-se que o trabalho em equipe é uma das grandes vantagens das abordagens ativas de ensino (Borrego et al., 2013; Dehdashti et al., 2013). Nesse contexto, os estudantes melhoram sua interação social (Din e Gibson Jr., 2019), garantindo maior qualidade na comunicação e na forma como se expressam (Lau et al., 2006; Bodnar et al., 2016). Essa ideia está um tanto relacionada mais à diversão e motivação para aprender (Toft et al., 2003;

Oviedo-Trespalacios et al., 2015), pois ajuda o estudante a se comprometer e participar constantemente (Bisantz e Paquet 2002; Milenković et al., 2019).

De acordo com alguns pesquisadores, além do desenvolvimento de competências, um grande benefício da aprendizagem ativa é a retenção do conhecimento (Davidovitch et al., 2006; Page e Stanley, 2014; Qian et al., 2023). Essa aquisição de conhecimento e retenção (Bisantz e Paquet, 2002; Milenković et al., 2019) ocorre devido à forma mais dinâmica e diferente de ensinar, atraindo a atenção e o interesse do estudante. Dessa forma, os estudantes podem refletir sobre seu conhecimento (Dehdashti et al., 2013; Cerezo-Narváez et al., 2019) e sua evolução, garantindo conquistas aumentadas no aprendizado cognitivo (West et al., 2009; Din e Gibson Jr., 2019).

O estudante pode experimentar questões internas e pessoais expostas a uma abordagem ativa de ensino. Autonomia na busca do conhecimento (Oviedo-Trespalacios et al., 2015; Belwal et al., 2020) e o autodirecionamento nos estudos (Lau et al., 2006) são trabalhadas, alterando positivamente o comportamento do estudante em relação à pesquisa.

Muitas das desvantagens da aplicação da aprendizagem ativa foram atribuídas aos professores. O desenvolvimento profissional de um professor sem experiência na indústria ou negócios pode ser problemático ao usar abordagens ativas e à falta de treinamento nos próprios métodos (Ahmed e Sayed, 2020). Portanto, os professores devem dedicar muito tempo a aplicação destas estratégias antes e durante as aulas (Belwal et al., 2020). Page e Stanley (2014) afirmam que ter uma equipe de instrutores para utilizar a aprendizagem ativa requer uma mudança na estrutura do programa.

Para Grohs et al. (2018), não existe uma ferramenta adequada para fornecer feedback individual de alta qualidade aos estudantes. Essa consideração pode levar a várias outras limitações na aplicação de estratégias de aprendizagem ativa, como incentivo, fragilidade, aversão à aprendizagem ativa, evasão de disciplinas, redução da motivação para trabalhar em equipe (Belwal et al., 2020) e dificuldade em entender como as abordagens funcionam (McCarthy et al., 2004).

A falta de comprometimento e cooperação dos alunos entre si foi destacada por Borrego et al. (2013). Esse problema ocorre porque alguns deles se aproveitam dos outros para realizar as atividades propostas pelas estratégias. Uma das limitações também apresentadas foi a dificuldade em um debate construtivo que agregue pessoas. Portanto, Ahmed e Sayed (2020) defendem que a resistência dos estudantes à mudança é uma das grandes limitações na aplicação da aprendizagem ativa.

A chamada relação entre o problema empresarial e as competências que os estudantes devem desenvolver para resolvê-los é outra limitação em estratégias que exigem resolução de problemas (Kiritsis et al., 2013). Muitas vezes, essa suposta relação perfeita não explora grande parte das atividades internas de uma empresa (McCarthy et al., 2004), negligenciando, por exemplo, questões sociais e políticas (El-Zein e Hedemann, 2016). Outro ponto diz respeito às limitações de tempo necessárias para resolver projetos e problemas, pois é difícil realizá-los em um semestre ou mesmo em um ano (Colim et al., 2022), considerando sua complexidade e extensão.

Finalmente, para McCarthy et al. (2004), o uso da aprendizagem ativa não permite resolver os problemas na educação. O número limitado de estudantes em cursos que empregam essas abordagens (McCarthy et al., 2004; Din e Gibson Jr., 2019) implica em uma equipe maior de professores e no uso de materiais físicos e componentes de laboratório (Ahmed e Sayed, 2020) que muitas vezes dependem de questões limitantes relacionadas às próprias universidades, promovendo um cenário não realista (West et al., 2009).

2.3.4 RQ3 – Competências desenvolvidas com o uso de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da SSO

Na RQ3, 41 artigos mostraram diferentes competências desenvolvidas a partir da aplicação de estratégias de aprendizagem ativa. Para uma melhor sistematização do conhecimento, as competências desenvolvidas foram agrupadas de acordo com suas semelhanças e apresentados no Quadro 03. Assim, foram estabelecidas seis classificações de acordo com suas especificidades.

Quadro 03 – Principais competências desenvolvidas por estratégias de Aprendizagem Ativa

	Comunicação	Trabalho em equipe	Criatividade	Pensamento analítico	Pensamento crítico	Solução de problemas	Tomada de decisão	Autoconfiança	Ética	Motivação	Responsabilidade	Competências profissionais	Habilidades metodológicas	Pensamento estratégico	Pensamento Sistêmico	Autonomia em aprender	Conhecimento em linguagem	Entendimento conceitual	Aprendizado contínuo	Competências sociais	Inovação e empreendedorismo	Pensamento lógico
Bisantz and Paquet (2002)																						
Toft et al. (2003)																						
McCarthy et al. (2004)																						
Davidovitch et al. (2006)																						
Frank (2006)																						
Lau et al. (2006)																						
Pomales-Gacia and Liu (2007)																						
West et al. (2009)																						
Deros et al. (2012)																						
Zaharim et al. (2012)																						
Dehdashti et al. (2013)																						
Kiritisis et al. (2013)																						
Altay (2014)																						
Nanda et al. (2014)																						
Page and Stanley (2014)																						
Oviedo-Trespalcios et al. (2015)																						
Bodnar et al. (2016)																						
El-Zein and Hedemann (2016)																						
McNeill et al. (2016)																						
Benešová and Tupa (2017)																						
Mkpat et al. (2018)																						
Tortorella and Cauchick-Miguel (2018)																						
Cerezo-Narváez et al. (2019)																						
Ahmed and Sayed (2020)																						
Belwal et al. (2020)																						
García-Fayos et al. (2020)																						
Hassall et al. (2020)																						
Kunrath et al. (2020)																						
Lanzotti et al (2020)																						
Mukhtar et al. (2020)																						
Ahmed et al. (2021)																						
Bartolomé and Benítez (2021)																						
Cavalcanti et al. (2021)																						
Fernández and Ceacero-Moreno (2021)																						
Gutiérrez-Martínez et al. (2021)																						
Magana et al. (2021)																						
Silva et al. (2021)																						
Colim et al. (2022)																						
Oppert et al. (2022)																						
Sánchez-Lite et al. (2022)																						
Urgo et al. (2022)																						

A comunicação é desenvolvida por meio da troca de informações entre os colegas de classe, seja por meio de debates e discussões (Davidovitch et al., 2006; Oviedo-Trespalcios et al., 2015) ou com base na comunicação afetiva (Nanda et al., 2014; Silva et al., 2021). Além disso, a relação interpessoal é aumentada por meio da comunicação (Pomales-García e Liu, 2007), garantindo

aos estudantes a transmissão da informação por esta vertente (Fernández e Ceacero-Moreno, 2021). Estratégias ativas permitem que aos discentes se comuniquem melhor e se expressem com mais clareza ao entrar no mercado de trabalho (McCarthy et al., 2004; Bodnar et al., 2016; El-Zein e Hedemann, 2016).

O trabalho em equipe foi outra competência que foi frequentemente mencionada, pois o estudante é o centro da aprendizagem na maioria das estratégias ao trabalhar com seus colegas de classe. Assim, ao resolver problemas e projetos em equipe (Deros et al., 2012; Page e Stanley, 2014), o estudante trabalha em questões como gerenciamento de equipe (Pomales-García e Liu, 2007) e liderança (Kunrath et al., 2020; Magana et al., 2021), além de aprender a compartilhar a responsabilidade de fazer o que foi solicitado com seus colegas (Gutiérrez-Martínez et al., 2021). Segundo os autores, isso pode ser chamado de aprendizagem colaborativo (Mkpat et al., 2018; Sanchez-Lite et al., 2022).

Nas competências de solução de problemas, os estudantes desenvolvem a habilidade com base em conceitos de experimentação e aplicação de seus conhecimentos (Zaharim et al., 2012; Urgo et al., 2022). A criatividade (Kunrath et al., 2020; Oppert et al., 2022) e a tomada de decisões (Hassall et al., 2020; Cavalcanti et al., 2021) foram introduzidas para esse fim, uma vez que fazem parte de todo o processo de desenvolvimento da competência de resolver problemas estruturados e não estruturados.

O pensamento analítico foi mencionado como uma competência essencial para modificar adversidades no trabalho (Belwal et al., 2020), na qual é necessário interpretar e refletir sobre o que está acontecendo (Cerezo-Narváez et al., 2019). Além disso, estratégias ativas promovem o pensamento crítico nos estudantes (Bartolomé e Benítez, 2021), fazendo com que eles deem sugestões que possam ser plausivelmente aplicadas a situações de trabalho da vida real, além de argumentos corretos e julgamentos necessários (West et al., 2009; García-Fayos et al., 2020).

A responsabilidade foi mencionada várias vezes (Dehdashti et al., 2013; Nanda et al., 2014), uma vez que cada componente do grupo tem uma série de atividades que devem ser realizadas para cumprir a tarefa solicitada. Questões

de ética (Mukhtar et al., 2020) e motivação (Lau et al., 2006; Colim et al., 2022) também são trabalhadas, uma vez que as proposições foram levantadas para mostrar a realidade do estudante ao realizar suas funções. A autoconfiança também é desenvolvida (Altay, 2014; McNeill et al., 2016) pois o estudante se sente mais seguro ao aplicar o conhecimento teórico que lhe é apresentado.

As competências profissionais foram levantadas como experiências baseadas na exposição a métodos que visam resolver problemas não estruturados. O pensamento estratégico (Kunrath et al., 2020) foi mencionado, assim como o pensamento sistêmico (Frank, 2006; Lanzotti et al., 2020), que permite trabalhar com o conhecimento de toda a organização e o que acontece nela (Benešová e Tupa, 2017), além de maximizar os indicadores (Lau et al., 2006). Além disso, foram levantadas competências metodológicas, mostrando que o uso de ferramentas e métodos para avaliar a SSO é aprimorado (Kiritsis et al., 2013).

Ficou claro que a compreensão conceitual foi aumentada por essas estratégias (McNeill et al., 2016), assim como a autonomia para aprender (Benešová e Tupa, 2017) e o desenvolvimento de outras linguagens (Belwal et al., 2020). Também frequentemente relatada foi a questão envolvendo o aprendizado contínuo (Deros et al., 2012; Page e Stanley, 2014; Silva et al., 2021), na qual o conteúdo é retido por mais tempo pelos estudantes. Por fim, outras competências que não foram amplamente citadas apareceram na revisão, como o pensamento lógico (Kiritsis et al., 2013), competências sociais e a valorização desse contexto (Toft et al., 2003), bem como questões relacionadas à pesquisa (Belwal et al., 2020), inovação e empreendedorismo (Colim et al., 2022).

2.4 DISCUSSÃO

As experiências de 15 diferentes estratégias de aprendizagem ativa foram observadas nesta revisão, a partir de suas funções, conceitos, aplicações e características. Isto permitiu observar que não existe uma única estratégia de aprendizagem ativa de ensino de SSO para aulas de engenharia. No entanto, foi constatado que a combinação de duas ou mais estratégias parece ser mais apropriada para o ensino, escapando do ensino tradicional e, ao mesmo tempo,

garantindo a satisfação dos estudantes e o desenvolvimento das competências exigidas pelo mercado de trabalho (Huang et al., 2020; Swallow e Zulu, 2020; Qian et al., 2023).

A Figura 08, apresentada na seção de resultados, mostra diversas estratégias de aprendizagem ativa e nomenclaturas diferentes para cada uma, como Gamificação, Problem-based Learning (PBL) e Project-based Learning (PjBL). Essas três são consideradas por Belwal et al. (2020) como estratégias "guarda-chuva", e as outras que existem na literatura derivam de seus principais conceitos e características. No entanto, a maioria das estratégias trabalha com solução de problemas, uma das competências excelentes para um profissional dessa área no mercado de trabalho (Nanda et al., 2014; Fernández e Ceacero-Moreno, 2021). A incorporação de problemas estruturados e não estruturados permite que essas estratégias gerem cenários mais próximos da realidade encontrada nas empresas, trazendo diferentes benefícios para os estudantes (El-Zein e Hedemann, 2016; Dringenberg e Purzer, 2018).

Por outro lado, diante aos diferentes benefícios que cada uma apresenta, não se pode afirmar ainda qual é a mais ideal, específica e indicada. Todas elas permitem a criação de condições para o desenvolvimento de resultados de aprendizagem (Prince, 2004; Hernández-de-Menéndez et al., 2019). A diversidade de estratégias também ocorre nas diferentes formas retratadas na literatura, que conceituam essas estratégias e os colocam em prática, mesmo que todos abordem definições semelhantes, uma vez que minimizam a distância entre a ideia ensinada nas universidades e a prática profissional (Lau et al., 2006; El-Zein e Hedemann, 2016). Lombardi e Shipley (2021) argumentam ainda que, mesmo reconhecendo a confusão em torno da definição da aprendizagem ativa, qualquer ferramenta que não seja o ensino tradicional já contribui para a geração de uma cultura de interação e autonomia do estudante.

Cabe ressaltar que as principais estratégias de aprendizagem ativa encontradas por esta revisão sistemática da literatura exigem, na maioria das vezes, uma quantidade considerável de tempo para sua execução (Andersen et al., 2019; García-Fayos et al., 2020). Estratégias de menor duração, que podem ser

aplicadas em uma única aula, como *Think-Pair-Share*, Sala de Aula Invertida e *Peer instruction* (Schmidt, 2011; Jo et al., 2018; Chiquito et al., 2020), não foram encontradas nos sessenta e dois artigos analisados nesta revisão. Embora essas estratégias tenham um horizonte temporal mais curto, é válido ressaltar que eles também contribuem para o engajamento dos estudantes e o desenvolvimento de competências e conhecimentos.

Como resultado desta revisão, observou-se uma série de trabalhos que aplicaram estratégias de aprendizagem ativa e apresentaram as vantagens dessa aplicação com justificativas adequadas para sua escolha. No entanto, ainda são desconhecidos na literatura trabalhos que comparem as vantagens e desvantagens e os benefícios para os estudantes no ensino de SSO na engenharia, o que apoiaria professores e tutores na decisão de qual abordagem utilizar, como os estudos de Barak et al. (2006), García-Peñalvo et al. (2019) e Oproescu et al. (2019). Esses trabalhos elucidam as vantagens e desvantagens da aprendizagem ativa em seus contextos de ensino.

No que diz respeito ao desenvolvimento de competências, os artigos desta revisão mostraram muitas competências diferentes que os estudantes podem adquirir. Por exemplo, em trabalhos específicos no campo, como os de Zaharim et al. (2012), Benešová e Tupa (2017) e Lanzotti et al. (2020), apontam-se as competências necessárias a um profissional de SSO, como trabalho em equipe, pensamento sistêmico e resolução de problemas. O mercado de trabalho exige diferentes competências profissionais que podem ser melhor desenvolvidas em estratégias de aprendizagem ativa em comparação com as tradicionais (Belwal et al., 2020; Kunrath et al., 2020).

As competências descritas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) das engenharias também descrevem diferentes competências essenciais a um egresso desta formação (Brasil, 2019). Além das citadas, responsabilidade social, criatividade e proposições de melhoria baseada no sistema são as competências em comum apresentadas nessa revisão e nas DCN das engenharias do Brasil.

Identificar as competências exigidas por um profissional de SSO pode ser observado também nos documentos estabelecidos por órgãos governamentais. Seu comparativo com a literatura pode fornecer uma análise crítica da escolha da aprendizagem ativa (como as normas da Organização Internacional do Trabalho - OIT e da Associação Internacional de Ergonomia - IEA). Embora todas as competências desenvolvidas por essas estratégias ativas sejam reconhecidas, não foram encontrados estudos na literatura que mostrassem as competências necessárias a um profissional de SSO.

Foi evidenciada na análise dos artigos a falta de discussão sobre os resultados na aplicação das estratégias ativas. Os artigos apenas lidam com pontos opostos e problemas durante a aplicação das estratégias. Em outras palavras, muitos trabalhos estão focados nas limitações do estudo/caso, mas poucos destacam os limites práticos e teóricos intrínsecos das estratégias em si. Isso é crucial, pois discutir possíveis desvantagens pode ajudar os professores a se prepararem adequadamente para as adversidades que podem surgir durante as aulas (Kiritsis et al., 2013; Ahmed e Sayed, 2020). Essa falta de discussão torna desafiador preparar os professores para usar a aprendizagem ativa no ensino e é caracterizada como uma lacuna significativa na literatura.

Conforme discutido na introdução, a outra lacuna na literatura devido à ausência de estudos teóricos que relacionem a aprendizagem ativa na engenharia e SSO deixa uma série de limitações para a área e para os professores. Portanto, o primeiro achado desta pesquisa é a criação de uma visão geral que apresenta os resultados de uma revisão sistemática, com um compilado das principais descobertas e análise de 62 artigos encontrados na literatura.

Outra questão que pode ser destacada é que esses artigos não apresentam uma relação entre os conteúdos ensinados em SSO e as estratégias de ensino usadas. Esses conteúdos são básicos e estão presentes em diferentes disciplinas dos cursos de SSO na engenharia. Como segundo achado desta pesquisa, a Figura 09 mostra um modelo teórico que relaciona os tópicos abordados nos cursos de SSO, suas possíveis estratégias de aprendizagem ativa e suas vantagens, limitações e possíveis competências desenvolvidas.

Para orientar melhor os profissionais da área de educação, este artigo buscou relacionar as estratégias a possíveis tópicos que se encaixariam melhor no ensino de SSO na engenharia. Essas sugestões foram feitas com base nos principais conceitos trabalhados nessa área e nas principais diretrizes nos cursos de saúde na engenharia.

Figura 09 – Modelo teórico desenvolvido com base nesta revisão sistemática

ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA PRINCIPAL	ESTRATÉGIAS RELACIONADAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS	COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS	CONTEÚDOS SUGERIDOS
GAMIFICAÇÃO	Web-based Learning Realidade Virtual	Aumento da diversão e motivação, competição construtiva entre estudantes e simulação em diferentes maneiras	Não é diretamente explorado as atividades da empresa e suas demandas tecnológicas	Inovação, motivação em aprender e autonomia no aprendizado	Normas e padrões de SSO e estratégias de prevenção de acidentes
PROBLEM-BASED LEARNING	Problem Solving Scenario-based Learning	Aprendizagem prática, complementando a teoria ensinada na universidade, com experimentação e criatividade	Falta de comprometimento e dificuldade em retratar a realidade que ocorre no mercado	Trabalho em equipe, responsabilidade e pensamento crítico, analítico e lógico	Aplicação de ferramentas de performance e avaliação de carga mental e física
PROJECT-BASED LEARNING	Service Learning Project Fábrica de aprendizagem Challenge-based Learning	Modelos de tomada de decisão mais realistas, redução da lacuna entre aprendizagem e ambientes naturais	Professores sem experiência em indústria, tempo limite de solução de projeto	Comunicação, pensamento sistêmico, trabalho em equipe e competências profissionais	Gerenciamento do risco, avaliação organizacional e desenvolvimento de produto

Como a gamificação é uma estratégia que une diversão e ensino, geralmente é vista em jogos de perguntas e respostas rápidas e jogos de tabuleiro ou mais complexos, como a realidade virtual (Bodnar et al., 2016; Cerezo-Narváez et al., 2019; Din e Gibson Jr., 2019; Fernández e Ceacero-Moreno, 2021; Urgo et al., 2022). Para jogos de perguntas e respostas, regras relacionadas à SSO como as da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), *International Organization of Standardization* (ISO) e da Organização Mundial da Saúde (OMS), se encaixam perfeitamente, estimulando o estudante a responder a perguntas teóricas e competir com seus colegas. Já para estratégias que visam identificar riscos em vários ambientes, a realidade virtual pode ser útil, para que, em seu ambiente e com base em sua visão, o estudante vivencie diferentes situações de perigo e suas probabilidades.

A PBL é uma estratégia de ensino no qual os professores apresentam problemas aos estudantes, incentivando-os a trabalhar juntos para encontrar soluções e

desenvolver conhecimento (El-Zein e Hedemann, 2016; Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018; Belwal et al., 2020; Magana et al., 2021; Qian et al., 2023). As avaliações das restrições impostas aos trabalhadores em situações de trabalho, tanto físicas quanto mentais, são excelentes experiências para usar nessa estratégia, uma vez que são análises de caso a caso e mais rápidas de serem realizadas em uma situação de trabalho. Para as avaliações, a atividade começa com a identificação de problemas e não conformidades a partir da entrevista com o trabalhador e da observação de seu trabalho. Com base nos resultados dessas análises, é feito um ranking com diferentes sugestões de melhoria, para que os estudantes desenvolvam o trabalho em equipe e o pensamento criativo, crítico e lógico.

Por fim, a PjBL visa desenvolver o conhecimento do estudante em um projeto que abrange sua execução (McCarthy et al., 2004; Desdashti et al., 2013; Kuo et al., 2019; Gao et al., 2021; Colim et al., 2022). Portanto, conceitos mais complexos de entender, correspondentes a várias etapas e análises, como gestão de riscos, análise organizacional para um sistema e desenvolvimento de produtos do ponto de vista ergonômico, foram relacionados a esta estratégia. Esses tópicos dentro de SSO são mais extensos e exigem muitas aulas para que uma atividade seja realizada. Isso torna essencial o desenvolvimento de competências para um engenheiro, como o trabalho em equipe, o pensamento sistêmico e a comunicação entre colegas.

Deve-se observar que alguns pontos em comum das três estratégias de aprendizagem ativa foram deixados de fora da Figura 09: a solução de problemas como uma vantagem em sua aplicação, e a comunicação e a autonomia como competências desenvolvidas, por exemplo. Também é válido lembrar que elas são comparadas individualmente, mas sua combinação em um ambiente de aprendizagem ativa pode abranger todas as vantagens e o desenvolvimento de diferentes competências, contribuindo ainda mais para o aprimoramento do ensino. Esta análise conjunta da aplicação das três estratégias de aprendizagem ativa também é desconhecida na literatura e pode ser uma questão de pesquisa para estudos futuros.

O terceiro achado da pesquisa está relacionado à lacuna gerada pela falta de estudos semelhantes. Os resultados mostraram que os artigos encontrados retratam a realidade de áreas de engenharia que, superficialmente, abordam conceitos de SSO. Entretanto, os estudos direcionados exclusivamente ao uso de estratégias de aprendizagem ativa em SSO são escassos.

Portanto, a lacuna na literatura reside na aplicação dessas estratégias a temas específicos na contribuição de SSO dentro da engenharia. Isso aumentaria a confiança dos professores em usar as estratégias de aprendizagem ativa no ensino da área, evitando abordagens como aulas expositivas e palestras. Ao conhecer as diferentes vantagens que cada estratégia apresenta, e suas limitações, os professores podem desenvolver suas aulas com maior convicção em seu planejamento.

2.5 CONCLUSÃO

Com base em uma revisão sistemática da literatura, este estudo permitiu investigar as principais características do ensino de SSO nas diferentes especialidades da engenharia. A partir dos estudos analisados, foi possível identificar e discutir as estratégias de aprendizagem ativa que podem ser utilizadas em SSO, buscando evidenciar suas principais características, definições e limitações.

Os achados e observações deste artigo fornecem aos professores e pesquisadores uma visão de muitas outras estratégias de aprendizagem ativa, suas vantagens e desvantagens, e onde são mais aplicadas. Com isto, pretendeu-se trazer aos profissionais do ensino maior conhecimento na escolha e na sustentação teórica, além de incentiva-los a tornar o ensino cada vez mais prático e ativo do que tradicional ou diretivo.

Assim, pode-se dizer que não existem estudos com uma análise de literatura sobre o tópico discutido - o uso de estratégias de aprendizagem ativa para o ensino de SSO nas diferentes áreas da engenharia. Entretanto, foi possível perceber que a gamificação, o PBL e o PjBL foram os mais citados pelos artigos

analisados, garantindo o desenvolvimento de diferentes competências. Além das vantagens dessas abordagens, também foi possível observar várias limitações relacionadas à universidade, como a infraestrutura para a prática e o incentivo ao professor para utilizar a aprendizagem ativa, como a carga de trabalho e o excesso de demandas administrativas, e para o estudante, como a falta de compromisso e resistência à mudança.

Como limitações do estudo, foi identificado que as descobertas dos pesquisadores, já encontradas em seus estudos de pesquisa de campo, são baseados principalmente na opinião de estudantes e professores. A possibilidade de viés é uma outra limitação de todos os estudos de revisão, normalmente associada ao protocolo usado. O Protocolo PRISMA 2020 reduz esses vieses na identificação dos artigos que compõem esta revisão, mas não impede totalmente erros na inclusão de artigos que respondam às perguntas de pesquisa. Para evitar essa situação o máximo possível, os autores avaliaram todos os artigos com absoluta rigorosidade, evitando a exclusão de trabalho importante. Outras limitações nos resultados encontrados também se destacam, incluindo a consideração apenas de artigos em inglês (excluindo artigos em espanhol, por exemplo) e a exclusão de artigos de eventos e conferências, já que eles geralmente não possuem revisão por pares.

Para futuros estudos, sugere-se validar o modelo teórico (Figura 09) desenvolvido por esta pesquisa, realizando testes para verificar a relação positiva entre as diferentes estratégias de aprendizagem ativa e os principais conceitos de SSO. Além disso, é essencial investigar as opiniões de profissionais, incluindo aqueles já no mercado de trabalho, gerentes, pesquisadores e associações técnicas, para entender o que é necessário para que os profissionais de engenharia aprimorem seu trabalho de acordo com os padrões de engenharia atuais.

REFERÊNCIAS

- Ahmed, A., Hurwitz, D., Gestson, S., Brown, S., 2021. Differences between Professionals and Students in Their Visual Attention on Multiple Representation Types While Solving an Open-Ended Engineering Design Problem. **Journal of Civil Engineering Education** 147 (3). [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)E1.2643-9115.0000044](http://doi.org/10.1061/(ASCE)E1.2643-9115.0000044).
- Ahmed, A., Sayed, K., 2020. Development of competency-based training system in Assiut- ITEC: A case study. **The Journal of Competency Based Education** 5 (3), 1-12. <http://doi.org/10.1002/cbe2.1217>.
- Altay, B., 2004. User-centered design through learner centered instruction. **Teaching in Higher Education** 19 (2), 138-55. <http://dx.doi.org/10.1080/13562517.2013.827646>.
- Andersen, A., Brunoe, T. D., Nielsen, K., 2019. Engineering education in changeable and reconfigurable manufacturing: using Problem-based Learning in a learning factory environment. **Procedia CIRP 81 Conference on Manufacturing Systems**, 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.002>.
- Astolfi, B., Costa, D., Campese, C., Costa, J. M., 2016. Project-based learning: a new way to teach ergonomics. **Proceedings of 14th International Design Conference**, 2037-2048.
- Barak, M., Lipson, A., Lerman, S., 2006. Wireless Laptops as Means For Promoting Active Learning In Large Lecture Halls. **Journal of Research on Technology in Education** 38 (3), 245-63, <https://doi.org/10.1080/15391523.2006.10782459>.
- Bartolomé, E., Benítez, P., 2021. Failure mode and effect analysis (FMEA) to improve collaborative project-based learning: Case study of a Study and Research Path in mechanical engineering. **International Journal of Mechanical Engineering Education** 50 (2), 1-35. <https://doi.org/10.1177/0306419021999046>.
- Becheikh, N., Landry, R., Amara, N., 2006. Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: A systematic review of the literature from 1993-2003. **Technovation** 26, 644–664. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.06.016>.
- Behm, M., Culvenor, J., Dixon, G., 2014. Development of safe design thinking among engineering students. **Safety Science** 63, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.10.018>.
- Belwal, R., Belwal, S., Sufian, A., Badi, A., 2020. Project-based learning (PBL): outcomes of students' engagement in an external consultancy project in Oman. **Education + Training** 63 (3), 336-59. <https://doi.org/10.1108/ET-01-2020-0006>.
- Benešová, A., Tupa, J., 2017. Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing** 11, 2195-202. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>.
- Besterfield-Sacre, M., Gerchak, J., Lyons, M. R., Shuman, L. J., Wolfe, H., 2004. Scoring Concept Maps: An Integrated Rubric for Assessing Engineering Education. **Journal of Engineering Education** 93 (2), 105-15. <http://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00795.x>.
- Bisantz, A. M., Paquet, V. L., 2002. Implementation and Evaluation of a Multi-course Case Study for Framing Laboratory Exercises. **Journal of Engineering Education** 91 (3), 299-307. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2002.tb00707.x>.
- Bodnar, C. A., Anastasio, D., Enszer, J. A., Burkey, D. D., 2016. Engineers at Play: Games as Teaching Tools for Undergraduate Engineering Students. **Journal of Engineering Education** 105 (1), 147-200. <http://doi.org/10.1002/jee.20106>.
- Bolis, I., Morioka, S. N., Brunoro, C. M., Zambroni-de-Souza, P. C., Szelwar, L. I., 2020. The centrality of workers to sustainability based on values: Exploring ergonomics to introduce new rationalities into decision-making processes. **Applied Ergonomics** 88, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103148>.
- Borrego, M., Foster, M., Floyd, J., 2015 What Is the State of the Art of Systematic Review in Engineering Education? **Journal of Engineering Education** 104 (2), 212–242. <https://doi.org/10.1002/jee.20069>.

- Borrego, M., Karlin, J., McNair, L. D., Beddoes, K., 2013. Team Effectiveness Theory from Industrial and Organizational Psychology Applied to Engineering Student Project Teams: A Research Review. **Journal of Engineering Education** 102 (4), 472-512. <https://doi.org/10.1002/jee.20023>.
- Brasil. Ministério da Educação, 2019. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares do Curso de Graduação em Engenharia**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Seção 1, 43.
- Cavalcanti, J., Valls, V., Contero, M., Fonseca, D., 2021. Gamification and Hazard Communication in Virtual Reality: A Qualitative Study. **Sensors** 21, 4663. <https://doi.org/10.3390/s21144663>.
- Castellucci, H. I., Bravo, G., Arezes, P. M., Lavallière, M., 2020. Are interventions effective at improving driving in older drivers?: A systematic review. **BMC Geriatrics** 20 (125), 1-25. <https://doi.org/10.1186/s12877-020-01512-z>.
- Cerezo-Narváez, A., Córdoba-Roldán, A., Pastor-Fernández, A., Aguayo-González, F., Otero-Mateo, M., Ballesteros-Pérez, P., 2019. Training Competences in Industrial Risk Prevention with Lego® Serious Play®: A Case Study. **Safety** 5 (4). <https://doi.org/10.3390/safety5040081>.
- Chiquito, M., Castedo, R., Santos, A. P., López, L. M., Alarcón, C., 2020. Flipped classroom in Engineering: The influence of gender. **Computer Applications in Engineering Education** 28 (1), 80-9. <https://doi.org/10.1002/cae.22176>.
- Colim, A., Carneiro, P., Carvalho, J. D., Teixeira, S., 2022. Occupational Safety & Ergonomics training of Future Industrial Engineers: A Project-Based Learning Approach. **Procedia Computer Science** 204, 505-12. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.119>.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., Brodeur, D., 2007. **Rethinking Engineering Education**. The CDIO Approach. New York, NY: Springer.
- Davidovitch, L., Parush, A., Shtub, A., 2006. Simulation-based Learning in Engineering Education: Performance and Transfer in Learning Project Management. **Journal of Engineering Education** 95 (4), 289-99. <http://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00904.x>.
- Dehdashti, A., Mehralizadeh, S., Kashani, M. M., 2013. Incorporation of Project-based Learning into an Occupational Health Course. **Journal of Occupational Health** 55 (3), 125-31. <https://doi.org/10.1539/joh.12-0162-0a>.
- Deros, B., Mohamed, N., Saibani, N., Rahman, N., 2012. Improving Teaching and Learning Effectiveness Through Customer's Feedback. **Procedia Social and Behavioral Sciences** 60, 196-205. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.368>.
- Din, Z., Gibson Jr., G., 2019. Serious games for learning prevention through design concepts: An experimental study. **Safety Science** 115, 176-87. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.02.005>.
- Dringenberg, E., Purzer, S. Y., 2018. Experiences of first-year engineering students working on ill-structured problems in teams. **Journal of Engineering Education** 107 (3), 442-67. <https://doi.org/10.1002/jee.20220>.
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., Wilson, J. R., van der Doelen, B., 2012. A strategy for human factors/ergonomics: Developing the discipline and profession. **Ergonomics** 55 (4), 377-95. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>.
- Dul, J., Neumann, P., 2009. Ergonomics contributions to company strategies. **Applied Ergonomics** 40 (4), 745-52. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.07.001>
- El-Zein, A. H., Hedemann, C., 2016. Beyond problem solving: Engineering and the public good in the 21st century. **Journal of Cleaner Production** 137, 692-700. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.129>.
- Felder, R. M., Brent, R., Prince, M. J., 2011. Engineering Instructional Development: Programs, Best Practices, and Recommendations. **Journal of Engineering Education** 100 (1), 89-122. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2011.tb00005.x>.

- Fernández, P., Ceacero-Moreno, M., 2021. Study of the Training of Environmentalists through Gamification as a University Course. **Sustainability** 13 (4). <http://doi.org/10.3390/su13042323>.
- Findeisen, S., Koerting, L., Schumacher, S., Eusterwiemann, T., Haemmerle, M., Pokorni, B., 2019. Classification Approach for Use Cases Within a Demonstration Factory Environment. **Procedia Manufacturing** 39, 106-16. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.249>.
- Frank, M., 2006. Knowledge, Abilities, Cognitive Characteristics with High Capacity for Competences of Engineers and Behavioral Engineering Systems Thinking (CEST). **Systems Engineering** 9 (2), 91-103. <http://doi.org/10.1002/sys.20048>.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., Wenderoth, M. P., 2014. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 111 (23), 8410-15. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>.
- García-Fayos, B., Arnal, J., Sancho, M., Ruvira, B., 2020. Process safety training for chemical engineers in Spain: Overview and the example of the polytechnic university of Valencia. **Education for Chemical Engineers** 33, 78-90. <http://doi.org/10.1016/j.ece.2020.08.001>.
- García-Peñalvo, F. J., Alarcón, H., Domínguez, Á., 2019. Active learning experiences in Engineering Education. **International Journal of Engineering Education** 35 (1B), 305-9.
- Gao, K., Zhou, K., Liang, Z., 2021. Information-Flow-Based Safety Education (IFSE): an Indispensable Perspective on Safety Education. **Journal of Civil Engineering and Management** 27 (7), 472-484. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15599>.
- Grohs, J. R., Kirk, G. R., Soledad, M. M., Knight, D. B., 2018. Assessing systems thinking: A tool to measure complex reasoning through ill-structured problems. **Thinking Skills and Creativity** 28, 110-30. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.03.003>.
- Gutiérrez-Martínez, Y., Bustamante-Bello, R., Navarro-Tuch, S. A., López-Aguilar, A. A., Molina, A., Longoria, I. A., 2021. A Challenge-based Learning Experience in Industrial Engineering in the Framework of Education 4.0. **Sustainability** 2021 (13), 9867. <https://doi.org/10.3390/su13179867>.
- Hallinger, P., 2013. A conceptual framework for systematic reviews of research in educational leadership and management. **Journal of Educational Administration** 51 (2), 126-49. <https://doi.org/10.1108/09578231311304670>.
- Harlim, J., Belski, I., 2015. On the effectiveness of TRIZ tools for problem finding. **Procedia Engineering** 131, 892-8. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.400>.
- Harzing, A. W., 2007. Publish or Perish. Available from <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>.
- Hassall, M. E., Lant, P., Cameron, I. T., 2020. Student perspectives on integrating industrial practice in risk and process safety education. **Education for Chemical Engineers** 32 (4), 59-71. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.04.002>.
- Hernández-de-Menéndez, M., Guevara, A. V., Martínez, J. C. T., Alcántara, D. H., Morales-Menendez, R., 2019. Active learning in engineering education. A review of fundamentals, best practices and experiences. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing** 13, 909-22. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00557-8>.
- Huang, J., Pan, W., Liu, Y., Wang, X., Liu, W., 2020. Engineering Design Thinking and Making: Online Transdisciplinary Teaching and Learning in a Covid-19 Context. **AHFE 2020: Advances in Creativity, Innovation, Entrepreneurship and Communication of Design** 1218, 267-74. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51626-0_19.
- Huang, Y. M., Hwang, J. P., Chen, S. Y. 2014. Matching/mismatching in web-based learning: a perspective based on cognitive styles and physiological factors. **Interactive Learning Environments** 24 (6), 1198-214. <http://dx.doi.org/10.1080/10494820.2014.978791>.

- International Ergonomics Association (IEA) Council, 2021. **The Discipline of Ergonomics**, p. 1. <http://www.iea.cc/whats/index.html>, Accessed 25th Nov 2021.
- Jaeger, M., Adair, D., 2016. Time pressure in scenario-based online construction safety quizzes and its effect on students' performance. **European Journal of Engineering Education** 42 (3), 241-51. <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1153042>.
- Jo, J., Jun, H., Lim, H., 2018. A comparative study on gamification of the flipped classroom in engineering education to enhance the effects of learning. **Computer Applications in Engineering Education** 26 (5), 1626-40. <https://doi.org/10.1002/cae.21992>.
- Kiritisis, D., Bufardi, A., Mavrikios D., Knothe T., Szigeti, H., Majumdar, A., 2013. A competence-based industrial learning approach for factories of the future. **Education and Information Technologies** 18, 331-50. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9247-3>.
- Kolus, A., Wells, R., Neumann, P., 2018. Production quality and human factors engineering: A systematic review and theoretical framework. **Applied Ergonomics** 73, 55-89. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.05.010>.
- Kunrath, K., Cash, P. Kleinsmann, M., 2020. Designers' professional identity: personal attributes and design skills. **Journal of Engineering Design** 31 (6), 297-330. <https://doi.org/10.1080/09544828.2020.1743244>.
- Kuo, H., Tseng, Y., Yang, Y., 2019. Promoting college student's learning motivation and creativity through a STEM interdisciplinary PBL human-computer interaction system design and development course. **Thinking Skills and Creativity** 31, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.09.001>.
- Lanzotti, A., Vanacore, A., Tarallo, A., Nathan-Roberts, D., Coccorese, D., Minopoli, V., Carbone, F., d'Angelo, R., Grasso, C., Di Gironimo G., Papa, S., 2020. Interactive Tools for Safety 4.0: Virtual Ergonomics and Serious Games in Real Working Contexts. **Ergonomics** 63 (3), 324-33. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1683603>
- LAPES – Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software, 2018. **Start - State of the Art through Systematic Review**. Access: http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool.
- Lau, H. Y. K., Mak, K. L., Ma, H., 2006. IMELS: An e-learning platform for industrial engineering. **Computer Application in Engineering Education** 14 (1), 53-65. <http://doi.org/10.1002/cae.20067>.
- Liberati, A., *et al.*, 2009. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. **Journal of Clinical Epidemiology** 62 (10), 1-34. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>.
- Lima, R. M., Mesquita, D., Coelho, L., 2017. Five Years of Project-Based Learning Training Experiences in Higher Education Institutions in Brazil. **Proceedings of 6th International Research Symposium on PBL**, 470-479.
- Linde, K., Willich, S., 2003. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. **Journal of the Royal Society of Medicine** 96 (1), 17–22. <https://doi.org/10.1258/jrsm.96.1.17>.
- Lo, C K., Hew, K. F., 2019. The impact of flipped classrooms on student achievement in engineering education: A meta-analysis of 10 years of research. **Journal of Engineering Education** 108 (4), 523-546. <https://doi.org/10.1002/jee.20293>.
- Lombardi, D., Shipley, T. F., 2021. The Curious Construct of Active Learning. **Psychological Science in the Public Interest** 22 (1), 8-43. <https://doi.org/10.1177/1529100620973974>.
- Lorenzis, F., Praticò, F. G., Repetto, M., Pons, E., Lamberti, F., 2023. Immersive Virtual Reality for procedural training: Comparing traditional and learning by teaching approaches. **Computers in Industry** 144, 103785. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103785>.

- Magana, A. J., Karabiyik, T., Thomas, P., Jaiswal, A., Perera, V., Dworkin, J., 2021. Teamwork facilitation and conflict resolution training in a HyFlex course during the COVID-19 pandemic. **Journal of Engineering Education** 111, 446-73. <https://doi.org/10.1002/jee.20450>.
- Marbouti, F., Shafaat, A. Ulas, J., Diefes-Dux, H., 2018. Relationship Between Time of Class and Student Grades in an Active Learning Course. **Journal of Engineering Education** 107 (3), 468-490. <https://doi.org/10.1002/jee.20221>.
- Mazzurco, A., Daniel, S., 2020. Socio-technical thinking of students and practitioners in the context of humanitarian engineering. **Journal of Engineering Education** 109 (2), 243-261. <https://doi.org/10.1002/jee.20307>.
- McCarthy, M., Seidel, R., Tedford, D., 2004. Developments in Project and Multimedia- based Learning in Manufacturing Systems Engineering. **International Journal of Engineering Education** 20 (4), 536-42.
- McNeill, N., Douglas, E., Koro-Ljungberg, M., Therriault, D. J., Krause, I., 2016. Undergraduate Students' Beliefs about Engineering Problem Solving. **Journal of Engineering Education** 105 (4), 560-84. <https://doi.org/10.1002/jee.20150>
- Menzemer, L. W., Ronchi, E., Karsten, M. M. V., Gwynne, S., Frederiksen, J., 2023. A scoping review and bibliometric analysis of methods for fire evacuation training in buildings. **Fire Safety Journal** 136, 103742. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103742>.
- Milenković, I., Šošević, U., Simić, D., Minović, M., Milovanović, M., 2019. Improving student engagement in a biometric classroom: the contribution of gamification. **Universal Access in the Information Society** 18, 523-32. <https://doi.org/10.1007/s10209-019-00676-9>
- Mkpat, E., Reniers, G., Cozzani, V., 2018. Process safety education: A literature review. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries** 54, 18-27. <http://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.02.003>.
- Moher, D, Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D., The PRISMA Group, 2009. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. **PLoS Medicine** 151, 264-269. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
- Motalifu, M., Tian, Y., Liu, Y., Zhao, D., Bai, M., Kan, Y., Qi, M., Reniers, G., Roy, N., 2022. Chemical process safety education in China: An overview and the way forward. **Safety Science** 148, 105643. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105643>.
- Mukhtar, N., Kamin, Y. B., Saud, M. S., Al Rahmi, W. M., Nordin, M. S B., Arsat, M. B., Amin, N. F. B., Yahaya, N. B., 2020. Conceptual Model of Technical Sustainability for Integration into Electrical/Electronic Engineering Programmes in Nigerian Polytechnics. **IEEE Access** 8, 1-19. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3002579>.
- Nanda, G., Lehto, M. R., Nof, S. Y., 2014. User Requirement Analysis for an Online Collaboration Tool for Senior Industrial Engineering Design Course. **Human Factors and Ergonomics In Manufacturing** 24 (5), 557-73. <http://doi.org/10.1002/hfm.20551>.
- Nguyen, H., Wu, L., Fischer, C., Washington, G., Warschauer, M., 2020. Increasing success in college: Examining the impact of a project-based introductory engineering course. **Journal of Engineering Education** 109 (3), 384-401. <https://doi.org/10.1002/jee.20319>.
- Oppert, M. L., Dollard, M. F., Murugavel, V. R., Reiter-Palmon, R., Reardon, A., Cropley, D. H., O'keeffe, V., 2022. A Mixed-Methods Study of Creative Problem Solving and Psychosocial Safety Climate: Preparing Engineers for the Future of Work. **Frontiers in Psychology** 12, 759226. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.759226>.
- Oproescu, M., Iana, G., Jianu, E., Anghel, M. R., 2019. E-learning in Computer-Assisted Training, Advantages, Disadvantages and Future Trends. **Proceedings of 11th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)**, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ECAI46879.2019.9042063>.

- Oviedo-Trespalcacios, O., Angarita, L. P., Maestre-Meyer, M., Correa, C. B., 2015. Building the life-long learning competence in undergraduate engineering students with a laboratory practice in learning curve. **Procedia Social and Behavioral Sciences** 174 (12), 2021-6. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.870>.
- Page, L., Stanley, L., 2014. Ergonomics Service Learning Project: Implementing an Alternative Educational Method in an Industrial Engineering Undergraduate Ergonomics Course. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries** 24 (5), 544-556. <http://doi.org/10.1002/hfm.20544>.
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D. et al., 2021. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. **BMJ** 372 (160). <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>.
- Pomales-García, C., Liu, Y., 2007. Excellence in Engineering Education: Views of Undergraduate Engineering Students. **Journal of Engineering Education** 96 (3), 253-62. <http://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2007.tb00934.x>.
- Prince, M., 2004. Does Active Learning Work? A Review of the Research. **Journal of Engineering Education** 93 (3), 223-31. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>.
- Qian, Y., Vaddiraju, S., Khan, F., 2023. Safety education 4.0 – A critical review and a response to the process industry 4.0 need in chemical engineering curriculum. **Safety Science** 161, 106069. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106069>.
- Safiena, S., Goh, Y., M., 2022. A hazard identification digital simulation game developed based on the extended authentic learning framework. **Journal of Engineering Education** 111, 642-64. <https://doi.org/10.1002/jee.20459>.
- Sanchez-Lite, A., Zulueta, P., Sampaio, A. Z., Gonzales-Gaya, C., 2022. BIM for the Realization of Sustainable Digital Models in a University-Business Collaborative Learning Environment: Assessment of Use and Students' Perception. **Buildings** 12, 971. <https://doi.org/10.3390/buildings12070971>.
- Santos, C. M., Pimenta, C. A., Nobre, M. R., 2007. A estratégia PICO para a construção de pergunta de pesquisa e busca de evidências. **Revista Latino-Americana de Enfermagem** 15 (3). <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300023>.
- Saurin, T., Patriarca, R., 2020. A taxonomy of interactions in socio-technical systems: A functional perspective. **Applied Ergonomics** 82, 102890. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102980>.
- Schmidt, B., 2011. Teaching engineering dynamics by use of peer instruction supported by an audience response system. **European Journal of Engineering Education** 36 (5), 413-23. <http://dx.doi.org/10.1080/03043797.2011.602185>.
- Seo, H. J., Park, G. M., Som, M., Hong, A., 2021. Establishment of Virtual-Reality-Based Safety Education and Training System for Safety Engagement. **Education Sciences** 11, 786. <https://doi.org/10.3390/educsci11120786>.
- Sigahi, T. F. A. C., Szelwar, L. I., 2023. From isolated actions to systemic transformations: Exploring innovative initiatives on engineering education for sustainable development in Brazil. **Journal of Cleaner Production** 384, 135659. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135659>.
- Silva, R., Garcez, A., Gomes, M., Morais, A., Lima, T., Santos, F., Franco, M., 2021. Active Learning "Factory of Boxes" in the Teaching-Learning Processes in Engineering and Entrepreneurship. **Journal of Technical Education and Training** 13 (3), 1-14. <https://doi.org/10.30880/jtet.2021.13.03.001>.
- Social Accountability International – SAI, 2014. Social accountability 8000 (SA8000®). New York: SAI. Access: www.sai-int.org.
- Swallow, M., Zulu, S., 2020. Students' awareness and perception of the value of BIM and 4D for site health and safety management. **Journal of Engineering, Design and Technology** 18 (2), 414-30. <https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2019-0174>.

- Thai, N. T. T., Wever, B., Valcke, M., 2017. The impact of a flipped classroom design on learning performance in higher education: Looking for the best “blend” of lectures and guiding questions with feedback. **Computers & Education** 107, 113-26. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.01.003>.
- Toft, Y., Howard, P., Jorgensen, D., 2003. Human-centred engineers - a model for holistic interdisciplinary communication and professional practice. **International Journal of Industrial Ergonomics** 31 (3), 195-202. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(02\)00197-X](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(02)00197-X).
- Tortorella, G. L., Cauchick-Miguel, P., 2018. Combining traditional teaching methods and PBL for teaching and learning of lean manufacturing. **IFAC PaperOnline** 51 (11), 915-20. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.465>.
- Tortorella, G. L., Miorando, R., Fettermann, D., Mendoza, D. T., 2020. An empirical investigation on learning and teaching lean manufacturing. **Education + Training** 62 (3), 339-54. <https://doi.org/10.1108/ET-11-2018-0232>
- Tranfield, D., Denyer, D., Smart, P., 2003. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management** 14 (3), 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>.
- Urgo, M., Terjak, W., Mondellini, M., Colombo, G., 2022. Design of serious games in engineering education: An application to the configuration and analysis of manufacturing systems. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology** 36, 172-84. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.11.006>.
- Vieira, L. C., Amaral, F. G., 2016. Barriers and strategies applying Cleaner Production: a systematic review. **Journal of Cleaner Production** 113, 5-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.034>.
- West, C., Slatin, C., Sanborn, W., Volicer, B., 2009. Computer-Based simulation in Blended learning Curriculum for Hazardous Waste site Worker Health and safety training. **International Journal of Information and Communication Technology Education** 5 (1), 62-73. <http://doi.org/10.4018/jicte.2009010105>.
- Wilson, J. R., 2014. Fundamentals of systems ergonomics/human factors. **Applied Ergonomics** 45 (1), 5-13. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.021>.
- Zaharim, A., Ahmad, I., Yusoff, Y., Omar, M., Basri, H., 2012. Evaluating the Soft Skills Performed by Applicants of Malaysian Engineers. **Procedia Social and Behavioral Science** 60, 522-8. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.417>.
- Zhang, J., Fu, J., Hao, H., Chen, N., Zhang, W., Kim, Y. C., 2018. Development of safety science in Chinese higher education. **Safety Science** 106, 92-103. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.02.034>.

APÊNDICE A

Apêndice apresenta um *checklist* para avaliação quantitativa, adaptada de Borrego et al. (2015).

Geral	Dados gerais do artigo Nome dos autores Título, resumo e palavras-chave Ano Periódico País Tipo de pesquisa
Seção 1	Introdução 1a Objetivo claro e identificável 1b Justificativa para a realização do estudo 1c Questão de pesquisa relacionada ao objetivo
Seção 2	Referencial Teórico 2a O artigo apresenta os conceitos para entender o estudo 2b Framework conceitual englobando os tópicos da pesquisa
Seção 3	Metodologia 3a Procedimento metodológico apresentado passo a passo 3b Métodos para testar a confiabilidade dos resultados 3c Amostra passível para validar objetivos 3d Metodologia condiz com o objetivo e os objetivos
Seção 4	Resultados e discussão 4a Resultados apresentados de maneira clara 4b Utilização de gráficos e tabelas para sintetizar resultados
Seção 5	Conclusão 5a Possibilidade de replicação do estudo 5b Conclusão responde o objetivo inicial 5c Profundidade do estudo 5d Apresentação de limitações e estudos futuros

Nota Total (0 to 15)

APÊNDICE B

Apêndice apresenta os artigos selecionados para a revisão sistemática com sua respectiva referência, título e a questão de pesquisa que contribuiu para a discussão. A bola preenchida corresponde a quando o artigo responde à questão; se está vazia, a resposta da questão não está no corpo do texto. Ainda, a nota final de cada referência é colocada na quinta coluna, originada do *checklist* aplicado na análise quantitativa.

Referência	Título	RQ1	RQ2	RQ3	NOTA
Bisantz e Paquet (2002)	Implementation and Evaluation of a Multi-course Case Study for Framing Laboratory Exercises	●	●	●	11
Toft et al. (2003)	Human-centred engineers—a model for holistic interdisciplinary communication and professional practice	○	●	●	9
Besterfield-Sacre et al. (2004)	Scoring Concept Maps: An Integrated Rubric for Assessing Engineering Education	○	●	○	13
McCarthy et al. (2004)	Developments in Project and Multimedia- based Learning in Manufacturing Systems Engineering	●	●	●	6,5
Davidovitch et al. (2006)	Simulation-based Learning in Engineering Education: Performance and Transfer in Learning Project Management	●	●	●	12,5
Frank (2006)	Knowledge, Abilities, Cognitive Characteristics with High Capacity for Competences of Engineers and Behavioral Engineering Systems Thinking (CEST)	○	○	●	12
Lau et al. (2006)	IMELS: An E-Learning Platform for Industrial Engineering	●	●	●	9,5
Pomales-García e Liu (2007)	Excellence in Engineering Education: Views of Undergraduate Engineering Students	○	○	●	8
West et al. (2009)	Computer-Based simulation in Blended learning Curriculum for Hazardous Waste site Worker Health and safety training	●	●	●	8
Deros et al. (2012)	Improving Teaching and Learning Effectiveness Through Customer's Feedback	○	○	●	9,5
Zaharim et al. (2012)	Evaluating the Soft Skills Performed by Applicants of Malaysian Engineers	○	○	●	10,5
Borrego et al. (2013)	Team Effectiveness Theory from Industrial and Organizational Psychology Applied to Engineering Student Project Teams: A Research Review	●	●	○	15
Dehdashti et al. (2013)	Incorporation of Project-based Learning into an Occupational Health Course	●	●	●	9,5
Kiritsis et al. (2013)	A competence-based industrial learning approach for factories of the future	●	●	●	12
Altay (2014)	User-centered design through learner centered instruction	●	●	●	11,5
Behm et al. (2014)	Development of safe design thinking among engineering students	●	○	○	12,5
Huang et al. (2014)	Matching/mismatching in web-based learning: a perspective based on cognitive styles and physiological factors	●	○	○	10,5
Nanda et al. (2014)	User Requirement Analysis for an Online Collaboration Tool for Senior Industrial Engineering Design Course	○	○	●	10
Page e Stanley (2014)	Ergonomics Service Learning Project: Implementing an Alternative Educational Method in an Industrial Engineering Undergraduate Ergonomics Course	●	●	●	8,5
Harlim e Belski (2015)	On the effectiveness of TRIZ tools for problem finding	●	●	○	8
Oviedo-Trespalcios et al. (2015)	Building the life-long learning competence in undergraduate engineering students with a laboratory practice in learning curve	○	●	●	10

Bodnar et al. (2016)	Engineers at Play: Games as Teaching Tools for Undergraduate Engineering Students	●	●	●	13
El-Zien e Hedemann (2016)	Beyond problem solving: Engineering and the public good in the 21st century	●	●	●	6,5
Jaeger e Adair (2016)	Time pressure in scenario-based online construction safety quizzes and its effect on students' performance	●	○	○	10
McNeill et al. (2016)	Undergraduate Students' Beliefs about Engineering Problem Solving	●	○	●	14,5
Benešová e Tupa (2017)	Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0	○	○	●	5
Grohs et al. (2018)	Assessing systems thinking: A tool to measure complex reasoning through ill-structured problems	●	●	○	9
Mkpat et al. (2018)	Process safety education: A literature review	●	○	●	12
Tortorella e Cauchick-Miguel (2018)	Combining traditional teaching methods and PBL for teaching and learning of lean manufacturing	●	●	●	10
Cerezo-Narváez et al. (2019)	Training Competences in Industrial Risk Prevention with Lego® Serious Play®: A Case Study	●	●	●	14
Din e Gibson Jr. (2019)	Serious games for learning prevention through design concepts: An experimental study	●	●	○	13
Findeisen et al. (2019)	Classification Approach for Use Cases Within a demonstration Factory Environment	●	●	○	8
Kuo et al. (2019)	Promoting college student's learning motivation and creativity through a STEM interdisciplinary PBL human-computer interaction system design and development course	●	○	○	13,5
Milenković et al. (2019)	Improving student engagement in a biometric classroom: the contribution of gamification	●	●	○	13,5
Ahmed e Sayed (2020)	Development of competency-based training system in Assiut- ITEC: A case study	●	●	●	12
Belwal et al. (2020)	Project-based learning (PBL): outcomes of students' engagement in an external consultancy project in Oman	●	●	●	13
García-Fayos et al. (2020)	Process safety training for chemical engineers in Spain: Overview and the example of the polytechnic university of Valencia	●	●	●	10,5
Hassall et al. (2020)	Student perspectives on integrating industrial practice in risk and process safety education	●	○	●	9
Huang et al. (2020)	Engineering Design Thinking and Making: Online Transdisciplinary Teaching and Learning in a Covid-19 Context	●	○	○	6
Kunrath et al. (2020)	Designers' professional identity: personal attributes and design skills	○	○	●	12
Lanzotti et al. (2020)	Interactive Tools for Safety 4.0: Virtual Ergonomics and Serious Games in Real Working Contexts	●	○	●	8
Mukhtar et al. (2020)	Conceptual Model of Technical Sustainability for Integration into Electrical/Electronic Engineering Programmes in Nigerian Polytechnics	○	○	●	14
Swallow e Zulu (2020)	Students' awareness and perception of the value of BIM and 4D for site health and safety management	●	○	○	10
Tortorella et al. (2020)	An empirical investigation on learning and teaching lean manufacturing	●	●	○	12,5
Ahmed et al. (2021)	Differences between Professionals and Students in Their Visual Attention on Multiple Representation Types While Solving an Open-Ended Engineering Design Problem	●	●	●	14
Bartolomé e Benítez (2021)	Failure mode and effect analysis (FMEA) to improve collaborative project-based learning: Case study of a Study and Research Path in mechanical engineering	●	●	●	13,5
Cavalcanti et al. (2021)	Gamification and Hazard Communication in Virtual Reality: A Qualitative Study	●	●	●	13
Fernández e Ceacero-Moreno (2021)	Study of the Training of Environmentalists through Gamification as a University Course	●	○	●	12

Gao et al. (2021)	Information-flow-based Safety Education (IFSE): an indispensable perspective on safety education	●	○	○	11,5
Gutiérrez-Matínez et al. (2021)	A Challenge-Based Learning Experience in Industrial Engineering in the Framework of Education 4.0	●	●	●	13
Magana et al. (2021)	Teamwork facilitation and conflict resolution training in a HyFlex course during the COVID-19 pandemic	●	○	●	13,5
Seo et al. (2021)	Establishment of Virtual-Reality-Based Safety Education and Training System for Safety Engagement	●	●	○	13
Silva et al. (2021)	Active Learning “Factory of Boxes” in the Teaching-Learning Processes in Engineering and Entrepreneurship	●	●	●	11
Colim et al. (2022)	Occupational Safety & Ergonomics training of Future Industrial Engineers: A Project-Based Learning Approach	●	●	●	11
Motalifu et al. (2022)	Chemical process safety education in China: An overview and the way forward	○	●	○	13,5
Oppert et al. (2022)	A Mixed-Methods Study of Creative Problem Solving and Psychosocial Safety Climate: Preparing Engineers for the Future of Work	●	○	○	12,5
Safiena e Goh (2022)	A hazard identification digital simulation game developed based on the extended authentic learning framework	●	○	●	14
Sanchez-Lite et al. (2022)	BIM for the Realization of Sustainable Digital Models in a University-Business Collaborative Learning Environment: Assessment of Use and Students' Perception	●	○	●	13,5
Urgo et al. (2022)	Design of serious games in engineering education: An application to the configuration and analysis of manufacturing systems	●	●	●	13
Menzemer et al. (2023)	A scoping review and bibliometric analysis of methods for fire evacuation training in buildings	●	○	○	14
Qian et al. (2023)	Safety education 4.0 – A critical review and a response to the process industry 4.0 need in chemical engineering curriculum	●	○	●	14
Sigahi e Sznelwar (2023)	From isolated actions to systemic transformations: Exploring innovative initiatives on engineering education for sustainable development in Brazil	●	○	○	13

3. DAS ESTRATÉGIAS DE ENSINO À EMENTA DA DISCIPLINA

Todo trabalho acadêmico necessita de uma revisão da literatura profunda, servindo de arcabouço teórico para o estudo. O capítulo dois desta tese teve este objetivo: garantir que toda a fundamentação para a construção da pesquisa fosse estudada, investigada e transmitida.

Vale ressaltar que a revisão sistemática apresentada trabalha a aplicação da aprendizagem ativa com o contexto geral da Saúde e Segurança Ocupacional, e não apenas com a ergonomia – área específica da tese. Isto deve-se ao fato de que, ao realizar testes da revisão sistemática, a pesquisa apenas com termos vinculados à ergonomia mostrou-se incipiente com relação ao número de trabalhos. Destes poucos trabalhos identificados, não poderia ser realizada uma pesquisa da literatura aprofundada, conforme demandada neste trabalho acadêmico.

Neste momento, portanto, apresenta-se um afunilamento da pesquisa em que foram utilizadas todas as áreas da SSO, para criar uma base da aplicação das estratégias de aprendizagem ativa em áreas correlatas a ergonomia. A partir deste ponto serão tratados os conceitos focados na ergonomia, seu ensino e suas teorias.

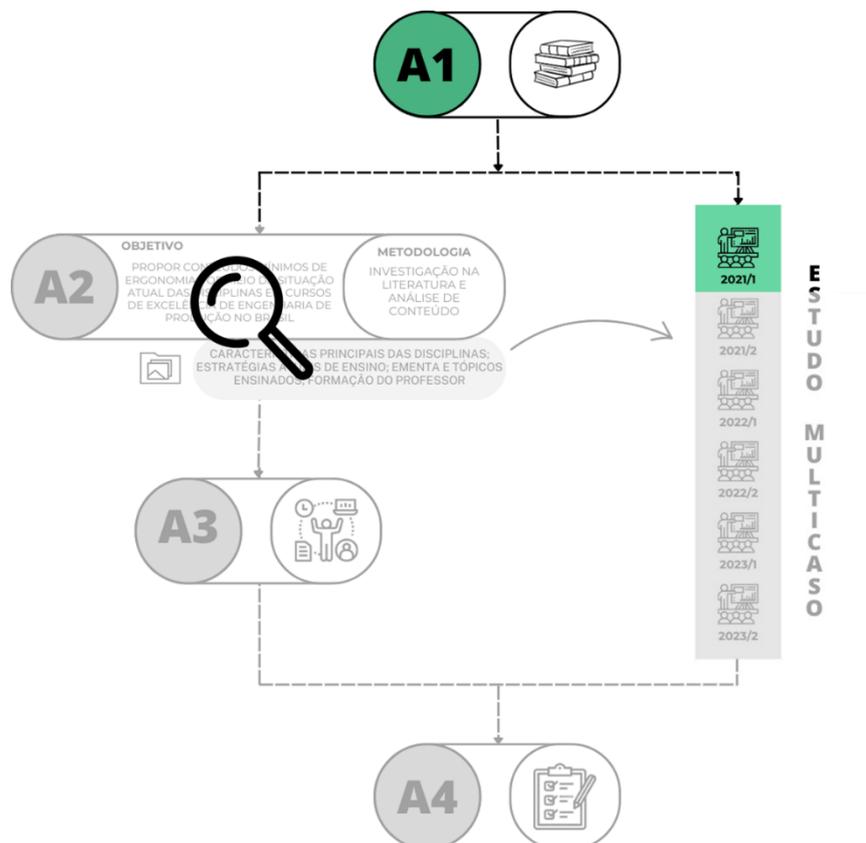
Conforme foi exposto no capítulo introdutório da tese, esta investigação da literatura tem como objetivo a criação de um currículo com estratégias de aprendizagem ativa inicial. Diferentes reuniões e planos foram realizados entre o autor e o orientador da tese, buscando criar um plano de ensino para cada disciplina do bloco de fatores humanos, evidenciando as estratégias de aprendizagem ativa encontradas. Este plano foi inicialmente utilizado no semestre de 2021/1, em período de pandemia de COVID-19.

Entretanto, durante o início dos casos de aplicação das estratégias de aprendizagem ativa e sua avaliação pós-aplicação ao final de cada semestre, outros estudos foram sendo realizados em paralelo. Estes estudos trazem um complemento ao planejamento inicial, buscando fortalecer outras características dos planos de ensino que estão sendo atualizados e testados. Estes estudos foram lacunas observadas após a revisão da literatura, juntamente a falta de

normas e padrões sobre a construção de planos de ensino da área da ergonomia.

No Brasil, as principais associações não possuem um padrão para guiar professores e IES na construção dos currículos e planos de ensino. Devido à multidisciplinaridade da área, a ergonomia é abordada por diferentes vieses, considerando principalmente a região. A identificação de como se encontram as disciplinas atualmente pode fornecer um norte a ABERGO para a realização de outros estudos na área de educação e ergonomia. Grupos técnicos dentro da associação, como o Grupo Técnico de Ensino e Formação em Ergonomia (GTEFE), possuem frentes de estudo que buscam entender a ênfase dada em IES para a ergonomia. A Figura 10 mostra a etapa atual da pesquisa.

Figura 10 – Início da etapa do planejamento



Desta maneira, o terceiro capítulo da tese apresenta o segundo artigo realizado sobre o tema. Buscando as proposições desta tese, é necessário conhecer qual a realidade atual, no intuito destas sugestões serem plausíveis de efetivação. O panorama, portanto, das características principais de ergonomia em cursos de graduação em engenharia de produção permite trazer a atualidade da situação no Brasil, é importante para um estudo de aplicação como este. Além disto, as questões metodológicas do ensino já foram exploradas no Artigo 1 pelas estratégias de aprendizagem ativa. Neste momento, é importante entender os conteúdos essenciais para serem abordados nas disciplinas de ergonomia. Este é um dos resultados esperados para o Artigo 2.

4. ARTIGO 2 – COMO SÃO AS DISCIPLINAS DE ERGONOMIA EM CURSOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO?

Italo Rodeghiero Neto ^a; Fernando Gonçalves Amaral ^b

^a Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, UFRGS – italorneto@gmail.com

^b Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, UFRGS – amaral@producao.ufrgs.br

Resumo

A ergonomia ensinada em cursos de engenharia de produção é caracterizada pela sua multidisciplinaridade e complexidade, sendo necessária para que os futuros profissionais ingressem ao mercado de trabalho com a possibilidade de melhorar o sistema produtivo considerando a visão do trabalhador. Deste modo, o primeiro passo é analisar os conteúdos abordados e as estratégias de ensino utilizadas, bem como a formação dos professores para ensiná-la. Sendo assim, este estudo buscou propor conteúdos mínimos de ergonomia por meio da situação atual das disciplinas em cursos de excelência de engenharia de produção no Brasil. Para isto, uma investigação nas bases de dados em plataformas *online* de cursos de graduação em engenharia de produção buscou identificar as características das disciplinas de ergonomia em cursos de excelência em engenharia de produção. Por meio de análise de conteúdo, a ementa, as estratégias de ensino e a formação do professor foram avaliadas. Os resultados mostraram uma tendência de cursos com apenas uma disciplina de ergonomia com 60 horas-aula, focando em conceitos gerais sobre ergonomia física e Análise Ergonômica do Trabalho. As disciplinas de ergonomia apresentam como estratégia de ensino as abordagens tradicionais e com visitas a empresas, em que poucas descrevem a utilização de outras estratégias como por exemplo a de aprendizagem ativa. Os professores de ergonomia têm formação diversificada, mas a maioria possui algum curso em Engenharia de Produção no seu currículo. É válido também destacar a falha da divulgação das características principais das disciplinas dos cursos de excelência em Engenharia de Produção. Por fim, o estudo contribui com a literatura apresentando dois planos de ensino desenvolvidos para as disciplinas de ergonomia no Brasil, baseados na situação atual das disciplinas e nos trabalhos presentes na literatura.

Palavras-chave: Ergonomia, engenharia de produção, metodologias de ensino, conteúdo programático, formação docente.

4.1 INTRODUÇÃO

A organização de disciplinas de graduação em engenharia é uma tarefa complexa. A inserção de conteúdos essenciais aos futuros profissionais durante um período de tempo curto demanda um conhecimento específico, além de obrigatoriamente dever atender normas e portarias de órgãos superiores (Meixell et al., 2015). Estas questões são amplamente observadas quando da organização de disciplinas nas diferentes engenharias, devido ao conhecimento básico intrínseco das ciências exatas, mas também às suas ênfases específicas.

Dentre a dificuldade de organização de diferentes currículos de engenharia, a engenharia de produção traz a necessidade da formação de aspectos de produtividade, redução de custos, componentes de sistemas produtivos e aspectos humanos relacionados ao trabalho (Sturm et al., 2015). Dentre estes aspectos necessários, a ergonomia é essencial neste currículo, mas complexo de inseri-la pela complexidade e diferença das demais áreas (Naeini e Mossadad, 2013). Isto é explicado pela sua conceituação, que estuda a adaptação do trabalho ao trabalhador para o aumento da produtividade e do bem-estar psicofisiológico (IEA, 2021).

A complexidade da distribuição do conteúdo para o ensino da ergonomia se dá, principalmente, devido à sua multidisciplinaridade (Caple, 2008; Zhang et al., 2023). A ergonomia é uma ciência que contempla diferentes conceitos relacionados ao trabalho, à saúde do trabalhador e ao projeto de produtos e sistemas adequados ao trabalhador (Thatcher et al., 2017; Prasetyo, 2020). Assim, devido ao excesso de conteúdo a ser abordado, existe a dificuldade na montagem de planos de ensino que abordem os principais tópicos da ergonomia.

Outro fator que contribui para a dificuldade da organização da disciplina de ergonomia é a pouca atenção dada aos aspectos de fatores humanos no trabalho, deixando-a isolada e com pouco espaço dentro de determinados cursos. Os cursos de engenharia de produção são focados no aumento da produtividade e redução de custos, mas invariavelmente se esquecem no investimento no trabalhador como uma fonte de melhorias na empresa (Alves et al., 2019). Ao preocupar-se com o conforto e bem-estar de diferentes

profissionais, a ergonomia contribui na correção de diferentes e complexos problemas dentro de um sistema produtivo (Barbosa e Pinheiro, 2012).

Mesmo com estas dificuldades, as disciplinas de ergonomia são necessárias para a formação atual de um engenheiro no mercado de trabalho. Explica-se esta necessidade devido à importância em humanizar os profissionais de engenharia (Andrade et al., 2010), mas também que este profissional entenda sua contribuição e responsabilidade para com a sociedade (Brasil, 2019) e com a redução de dados alarmantes de acidentes de trabalho e afastamentos por doenças relacionadas ao trabalho (Benjaoran e Bhokha, 2010). Esta visão deve ser desenvolvida durante a sua formação e, devido à sua proximidade teórica e prática, a ergonomia é a área recomendada (Bolis et al., 2014).

É importante, portanto, entender as principais características de uma disciplina como a ergonomia que, por ser multidisciplinar, muitas vezes é mal estruturada. A Associação Brasileira de Engenharia de Produção apresenta as principais áreas do curso e seus principais conhecimentos (ABEPRO, 2023), mas não sugere uma ementa ou a expectativa de empresas para profissionais da área. Além disso, para se estruturar uma disciplina nesta área é necessário seu contexto atual, tanto na literatura (Arezes e Swuste, 2013) quanto na prática de situações reais de trabalho e com as competências de um ergonomista (Read et al., 2022). Toda e qualquer modificação em nível acadêmico precisa levar em consideração tal contexto, no intuito de evitar proposições inviáveis ou distantes das necessidades profissionais atuais dos futuros engenheiros.

Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho foi propor conteúdos mínimos de ergonomia por meio da situação atual das disciplinas em cursos de excelência de engenharia de produção no Brasil. Além disto, a metodologia de ensino e a formação de seus professores responsáveis foram analisadas. Estes pontos norteiam a questão principal de pesquisa: *Considerando a multidisciplinaridade da ergonomia, quais são as características principais de um plano de ensino padrão de ergonomia em cursos de engenharia de produção no Brasil?*

4.2 REFERENCIAL TEÓRICO

4.2.1 A multidisciplinaridade da ergonomia na Engenharia de Produção

A ergonomia foi primeiramente utilizada por W. Jastrzębowski, em 1857, a partir de seus estudos referentes às condições de trabalho e seu conteúdo (Charytonowicz, 2000). Com o passar dos anos este conceito foi sendo aprimorado por diferentes pesquisadores até os dias de hoje, onde se caracteriza a ergonomia como uma disciplina científica que busca compreender as interações entre os humanos e os elementos de um sistema (Richardson e Thatcher, 2023), com o objetivo de otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral do sistema (IEA, 2023). Estes conceitos são aplicados em diferentes campos como a fisioterapia, psicologia, design e arquitetura (Gielo-Perczak et al. 2012), tornando-a uma área multidisciplinar.

Em cursos de Engenharia de Produção a ênfase dos conceitos da ergonomia está nas situações laborais de um sistema produtivo (Dul et al., 2012; Zare et al., 2016). Desta maneira, a sua definição, histórico e legislação são expostos de acordo com a lente teórica das situações de trabalho. Como classificação a ergonomia apresenta três dimensões principais: física, cognitiva e organizacional (Kadir et al., 2019).

Uma preocupação importante da ergonomia física está na redução dos chamados Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), fonte de afastamentos temporários e permanentes de diferentes trabalhadores (Colim et al., 2021). Pautada na avaliação do trabalho a partir de conceitos de biomecânica, fisiologia e antropometria, a ergonomia física utiliza-se de diferentes ferramentas para a investigação do uso de força dos trabalhadores, bem como das posturas empregadas, do mobiliário disponível e da repetitividade de movimentos (Gallagher e Heberger, 2013; Garneau e Parkinson, 2016).

Com o desenvolvimento da tecnologia e o seu emprego nas situações laborais, a ergonomia cognitiva passou a ganhar espaço a partir de estudos na avaliação da tomada de decisão dos trabalhadores (Cardoso e Gontijo, 2012). Estes estudos trazem o enfoque ao processamento de informações, interação

humano-máquina e a carga de trabalho mental, além dos distúrbios que vêm surgindo em função dos excessos empregados na execução das atividades (Bridger e Basher, 2011; Young et al., 2015).

Além do enfoque no trabalhador, diferentes problemas podem surgir a partir de irregularidades no sistema macro ergonômico, devido à sua complexidade para a organização do trabalho (Branco et al., 2021). A ergonomia organizacional trata da otimização de sistemas sociotécnicos, a partir de sua estrutura, procedimentos, sistemas laborais e regras (Rocha e Baú, 2023). Sua aplicação traz um benefício mútuo para empresa e trabalhadores: ao reduzir o risco de doenças ocupacionais proporciona-se um ambiente favorável para trabalhar (Soares e Soares, 2020).

A metodologia largamente utilizada no ensino da ergonomia em Engenharia de Produção é a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), principalmente em estudos de caso de diferentes segmentos laborais (Custódio et al., 2012; Abrahão et al., 2015; Jackson Filho e Maeno, 2015; Losekan et al., 2019). Tendo o principal objetivo de investigar as discrepâncias entre o trabalho real e o trabalho prescrito, a AET investiga como o trabalhador realiza suas atividades a partir do padrão que é solicitado (Pizo e Menegon, 2010).

Na ótica da AET, o ambiente também pode trazer uma série de complicações em relação às suas características, contribuindo com o desconforto e com a redução de produtividade do trabalhador. Pesquisas com quesitos de iluminação, ruído, vibração e temperatura, indicam que os trabalhadores podem desenvolver uma série de distúrbios quando estes fatores ambientais não estão adequados aos limites de controle necessários (Merbah et al., 2020; Araujo et al., 2018; Broday et al., 2017).

Outras percepções também são importantes e ensinadas em menores aspectos dentro da engenharia de produção. Por exemplo, a ergonomia do produto e sua relação com o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) é aplicada nas disciplinas, ressaltando seu viés com a área do design (Luque et al., 2022). A Segurança do Trabalho, a partir de seus aspectos de prevenção e investigação de acidentes, também possui relação com a ergonomia na adaptação das

condições de trabalho às características do trabalhador (Lallemand, 2012). Por fim, a acessibilidade é abordada na ergonomia do ambiente construído ao eliminar diversos tipos de barreiras e adaptá-las aos ambientes para todos os indivíduos (Acioly et al., 2012).

Diante desta série de avaliações de fatores, que trazem a interrelação do trabalhador com seu sistema de trabalho, é imprescindível que a ergonomia tenha espaço dentro da engenharia de produção (Neumann e Dul, 2010). Estes profissionais vão possuir competências para aumentar a produtividade frente às percepções e questões vinculadas ao trabalhador, garantindo também seu conforto e segurança. Portanto, abordar estes conceitos durante a graduação em engenharia de produção é importante e contribui para uma formação mais holística do futuro engenheiro com uma visão multidisciplinar.

4.2.2 Pontos essenciais no projeto de uma disciplina

Uma série de fatores devem ser investigadas para o projeto de uma disciplina, trazendo complexidade para organizá-los. Dentre as diferentes metodologias que se propõe em auxiliar no processo, a *Backward Design* padroniza três etapas principais para garantir um plano de ensino completo (Korotchenko et al., 2015). González et al. (2023) utilizam esta metodologia para organizar os diferentes pontos essenciais de uma disciplina.

Ao projetar uma disciplina em um curso de graduação, diferentes questões relacionadas à organização da grade curricular e da carga horária devem ser avaliadas (Garcia e Bizzo, 2013), no intuito de obter uma melhor distribuição entre professores e alunos (Andrade et al., 2012). O encadeamento de como os pré-requisitos das disciplinas são estabelecidos, também precisa ser observado, para garantir que os estudantes realizem as disciplinas e obtenham o conhecimento necessário (Digiampietri et al., 2013; Machado et al., 2010).

Quanto ao conteúdo a ser ensinado, deve-se pensar em competências técnicas e transversais que a disciplina em foco pode fornecer. Competências são atitudes, ações e comportamentos que se espera desenvolver em estudantes no decorrer da disciplina (Passow, 2012; Lange et al., 2022). As técnicas estão

vinculadas ao conteúdo teórico de uma determinada área, enquanto as transversais estão ligadas ao comportamento profissional e social deste estudante (Cordeiro et al., 2020). Planeja-las no projeto da disciplina é necessário, especialmente de acordo com o que o mercado espera do profissional (Borchardt et al., 2009; Santos e Simon, 2018), pois são estas competências os resultados do processo de ensino.

É importante garantir também que o professor alocado à disciplina tenha uma relação com a área, além de ter desenvolvido as competências ao longo de sua formação acadêmica. São poucos estudos que investigam o currículo do professor, não sendo um assunto comum em políticas institucionais de universidades (Coelho e Grimoni, 2014). É necessário que este profissional compreenda como se ensina (Serrazina, 2014) e o que se ensina. Costa et al. (2020) demonstram que a atuação do professor fora de sua área de formação tende a aumentar taxas de evasão escolar e reprovação.

Por fim, é necessário que o professor reflita sobre estratégias de aprendizagem que serão utilizadas para poder desenvolver as competências nos estudantes. Atualmente, uma das mais utilizadas são as estratégias de aprendizagem ativa. Por definição, estas estratégias de aprendizagem precisam ser centradas no estudante, onde os problemas e situações reais de trabalho são levados à sala de aula para discussão dos conhecimentos (Din e Gibson Jr., 2019). A inserção destas busca reduzir a aplicação de estratégias tradicionais (Nguyen et al., 2020), em que o foco e o detentor do conhecimento é o professor que, a partir da fala e explicação, alcançam poucas habilidades do estudante por ser mais passiva por meio da fala e escuta de parte do estudante (Daouk et al., 2016).

Assim, estratégias de aprendizagem ativa vêm sendo cada vez mais empregadas nas disciplinas de engenharia, pois buscam garantir um maior engajamento dos estudantes (Grohs et al., 2018), para um conhecimento duradouro e mais completo (Qian et al., 2023), bem como o desenvolvimento de competências essenciais (Freeman et al., 2014; Colim et al., 2022). Embora as suas vantagens, sua aplicação ainda é limitada, principalmente pela falta de capacitação e treinamento dos professores (Ahmed e Sayed, 2020) e pela

possível resistência dos estudantes (Belwal et al., 2020). Pode-se observar no Quadro 04 exemplos de estratégias de aprendizagem ativa aplicadas na Saúde e Segurança Ocupacional evidenciados por Rodeghiero Neto e Amaral (2024).

Quadro 04 – Exemplo de estratégias de aprendizagem ativa mais usadas no ensino da SSO

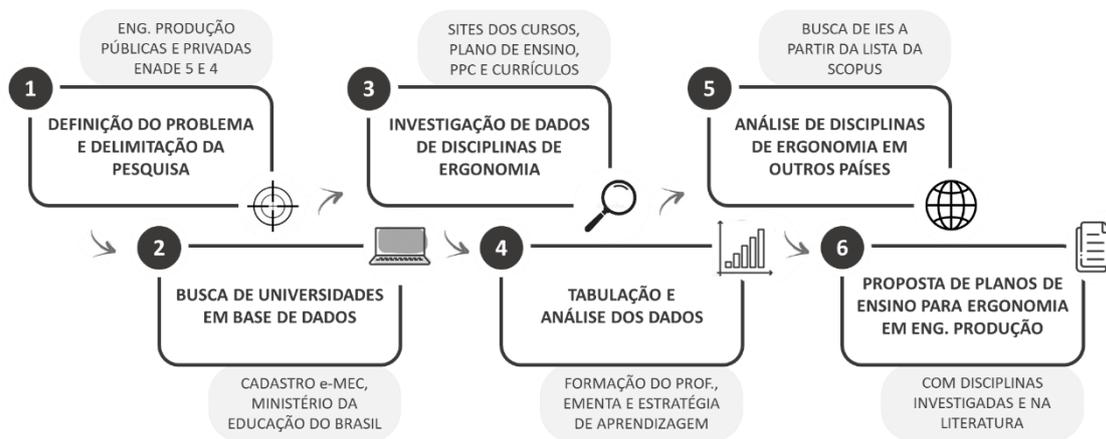
Estratégia de aprendizagem ativa	Definição	Referências
<i>Gamificação</i>	Processo de aprendizagem que envolve interação de estudantes com jogos, onde o ensino é baseado no entretenimento e na diversão da prática	Bodnar et al. (2016) Din e Gibson Jr. (2019)
<i>Problem-based Learning</i>	Estratégia onde os estudantes desenvolvem conceitos a partir da resolução de problemas reais de maneira ativa, integrada e construtiva	El-Zein e Hedemann (2016) Qian et al. (2023)
<i>Project-based Learning</i>	Projeto multidisciplinar onde os estudantes propõem a resolução de problemas reais em ambiente de trabalho, planejados do início ao fim	Kuo et al. (2019) Colim et al. (2022)
<i>Team-based Learning</i>	Desenvolvimento de competências a partir do trabalho em equipe e da colaboração entre os estudantes para resolver problemas	Hassall et al. (2020) Swallow e Zulu (2020)
<i>Estudo de caso</i>	Estratégia onde os estudantes desenvolvem as competências a partir do detalhamento de casos reais descritos na literatura	Behm et al. (2014) García-Fayos et al. (2020)
<i>Learning Factory</i>	Práticas em laboratórios que fornecem uma representação realista dos problemas enfrentados por estudantes em ambientes reais de trabalho	Kiritsis et al. (2013) Silva et al. (2021)

4.3 METODOLOGIA

A caracterização desta pesquisa é definida como qualitativa e descritiva. A abordagem qualitativa dá o enfoque na explicação de conceitos, aprofundando em tópicos essenciais para o entendimento do problema e a razão de tal fenômeno (Johnston e Dowling, 2023). Também pode-se caracterizar como descritiva, pois busca descrever uma população de acordo com suas características e relações (Sandelowski, 2009).

Estudos semelhantes como os de Boaventura et al. (2018), na área de administração, e Fonseca et al. (2020) e Paravizo et al. (2021), na área da ciência do trabalho, mostraram resultados significativos para análises e alterações curriculares, tendo procedimentos metodológicos semelhantes. A Figura 11 apresenta os procedimentos deste trabalho, desenvolvido a partir da adaptação das pesquisas citadas.

Figura 11 – Procedimentos metodológicos para a investigação das disciplinas



A primeira etapa denominada “Definição do problema e delimitação da pesquisa” investigou a ausência de um currículo mínimo para disciplinas de ergonomia em cursos de engenharia de produção, bem como suas principais características. Esta lacuna está relacionada à insegurança na elaboração de conteúdos programáticos devido à grande variabilidade de cursos e abordagens adotadas, bem como a estratégia de ensino utilizadas. Devido à multidisciplinaridade, a ergonomia é ensinada por diferentes óticas e também por não possuir uma graduação própria. Assim, não apresenta uma indicação de qual a formação mínima para profissionais atuarem nas disciplinas. Investigar o panorama atual, portanto, permite a proposição de melhorias adequadas.

A investigação, portanto, delimitou-se aos cursos ativos em engenharia de produção em sistema presencial, em instituições públicas e privadas sem fins lucrativos. Buscou-se, também, os cursos em excelência de acordo com a classificação segundo o Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), que é uma escala desenvolvida pelo Ministério da Educação (MEC) do Brasil para avaliação dos cursos de graduação, sendo escolhidos aqueles detentores de conceitos cinco e quatro (maiores notas na escala).

A segunda etapa “Busca de universidades no banco de dados” utilizou-se do Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior – Cadastro e-

MEC². Após a inserção das características dos cursos de engenharia de produção, a plataforma retornou 29 Instituições de Ensino Superior (IES) com o conceito cinco e outras 59 com o conceito quatro no ENADE, totalizando 88 IES.

A terceira etapa “Investigação de dados de disciplina de ergonomia” consistiu na busca dos dados em cursos de engenharia de produção, nos seus endereços eletrônicos e plataformas digitais das IES. Os dados referentes à pesquisa foram buscados nos planos de ensino e nas propostas pedagógicas dos cursos. Os dados buscados nestas plataformas foram o conteúdo programático, professor responsável e metodologia de ensino. Em seguida à identificação do nome do professor responsável pela disciplina, seu currículo foi investigado na Plataforma Lattes, sistema de currículos virtuais criado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil.

Ligações telefônicas e e-mails eram realizados aos colegiados de engenharia de produção e seus coordenadores caso os dados pesquisados não fossem localizados. Ao final desta etapa foram identificadas 32 disciplinas de ergonomia em IES com conceito ENADE 5. Já para as IES com ENADE 4 foram encontradas 65 disciplinas de ergonomia. A Tabela 02 mostra os principais achados para as IES e disciplinas.

Tabela 02 – Número de IES e disciplinas encontradas na busca

	Número de universidades	Categoria administrativa				Universidade sem disciplinas de ergonomia	Número total de disciplinas analisadas	Disciplinas com dados disponibilizados em plataformas	Disciplinas que os dados foram solicitados por e-mail	Disciplinas que não se obteve respostas
		Privada s/ fins lucrativos	Pública Federal	Pública Estadual	Pública Municipal					
ENADE 5	29	4	21	3	1	3	32	29	3	0
ENADE 4	59	23	32	4	0	5	65	40	16	9
TOTAL	88	27	53	7	1	8	97	69	19	9

Na quarta etapa “Tabulação e análise dos dados”, após cadastrar e categorizar todas as características encontradas, foi utilizado o *software* NVivo versão 15, para realização de uma análise de conteúdo (Bardin, 2015) utilizando a abordagem indutiva. Esta análise de conteúdo permite identificar os temas mais significativos sobre os dados brutos coletados (Thomas, 2006). A partir de

² Cadastro Nacional de Cursos e Instituições de Educação Superior da plataforma e-MEC a partir do link <https://emec.mec.gov.br/emec/nova>. Acessado em nov. de 2022.

diferentes codificações, os conteúdos dos currículos encontrados foram classificados e separados de acordo com suas similaridades e diferenças, com base no método *Conceptual Evaluation* (Milton e Johnson, 2012).

Os conteúdos das ementas das disciplinas foram organizados em nove classificações distintas dentro da ergonomia, adaptadas das pesquisas de Dul et al. (2012), Hendrick (2000), Lida e Guimarães (2016) e Salvendy e Karwowski (2021). Estas classificações são: conceituação geral; ergonomia física; ergonomia cognitiva; ergonomia organizacional; Análise Ergonômica do Trabalho (AET); fatores ambientais; ergonomia do produto; segurança do trabalho e, acessibilidade. As estratégias de aprendizagem utilizadas para o ensino da ergonomia foram analisadas a partir de uma estatística descritiva, buscando contabilizar e agrupar as semelhantes.

Para a formação dos professores, a análise foi feita de acordo com sua trajetória profissional acadêmica, dando ênfase em cada uma das principais etapas: graduação, especialização, mestrado e doutorado, além de uma discussão sobre os temas de trabalhos acadêmicos. Para isto, foi utilizada a Norma ERG BR 1003, que categoriza a avaliação do corpo docente dos cursos a partir de seus trabalhos acadêmicos de maior importância: trabalhos em ergonomia, trabalhos em áreas correlatas e trabalhos nas demais áreas (ABERGO, 2006).

Já na quinta etapa “Análise de disciplinas de ergonomia na engenharia de produção em outros países”, para tratar deste assunto e ter um panorama internacional no ensino de ergonomia em cursos de engenharia de produção, foi realizado um estudo voltado para a identificação destas disciplinas em nível internacional. Isto, para poder comparar com o ensino de ergonomia no Brasil. Para guiar esta pesquisa, foi utilizada a lista de principais pesquisadores na área de Ergonomia e Fatores Humanos presentes na base de dados Scopus³. A metodologia empregada foi idêntica à investigação nas plataformas das universidades brasileiras com uma análise de conteúdo.

³ Pesquisa por autores influentes a partir de uma área científica. Disponível em: <<https://www-scopus.ez45.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=basic#author>>. Acesso em dezembro de 2023.

Com as análises realizadas, a sexta etapa denominada “Proposta de plano de ensino para a ergonomia em engenharia de produção” desenvolveu o estudo de uma proposição de dois planos de ensino. Estas sugestões seguem o padrão atual da área no curso, mas também consideram os aspectos atuais discutidos na literatura.

4.4 RESULTADOS

4.4.1 Características iniciais

Após a coleta dos dados descrita na metodologia, os resultados iniciais das características das disciplinas de ergonomia são apresentados na Tabela 03. Os dados mostram semelhanças entre as IES de ENADE 5 e 4, onde a maioria destas (67) apresenta uma disciplina de ergonomia na sua grade curricular.

Tabela 03 – Características principais das disciplinas de ergonomia em ENADE 5 e 4

	ENADE 5		ENADE 4		TOTAL	
	N	%	N	%	N	%
Número de disciplinas						
Zero	3	10,34%	5	8,47%	8	9,09%
Uma	22	75,86%	45	76,27%	67	76,14%
Duas	2	6,90%	8	13,56%	10	11,36%
Três	2	6,90%	0	0,00%	2	2,27%
Quatro	0	0,00%	1	1,69%	1	1,14%
Carga horária						
Trinta horas	3	9,38%	12	18,46%	15	15,46%
Quarenta e cinco horas	1	3,13%	6	9,23%	7	7,22%
Sessenta horas	26	81,25%	35	53,85%	61	62,89%
Setenta e cinco horas	1	3,13%	10	15,38%	11	11,34%
Noventa horas	1	3,13%	1	1,54%	2	2,06%
não mencionado	0	0,00%	1	1,54%	1	1,03%
Semestre localizado						
Primeiro e segundo semestres	0	0,00%	4	6,15%	4	4,12%
Terceiro e quarto semestres	4	12,50%	7	10,77%	11	11,34%
Quinto e sexto semestres	15	46,88%	23	35,38%	38	39,18%
Sétimo e oitavo semestres	10	31,25%	15	23,08%	25	25,77%
Nono e décimo semestres	0	0,00%	11	16,92%	11	11,34%
Optativo	3	9,38%	5	7,69%	8	8,25%
Laboratório/pesquisa						
Sim	9	31,03%	9	15,25%	18	20,45%
Não	20	68,97%	50	84,75%	70	79,55%
Nome das disciplinas						
Ergonomia	16	50,00%	31	47,69%	47	48,45%
+ higiene e segurança do trabalho	3	9,38%	14	21,54%	17	17,53%
+ engenharia do trabalho	3	9,38%	4	6,15%	7	7,22%
+ análise e avaliação do trabalho	3	9,38%	3	4,62%	6	6,19%
+ indústria e sistemas produtivos	2	6,25%	3	4,62%	5	5,15%
+ produto e concepção	2	6,25%	2	3,08%	4	4,12%
+ tópicos avançados	1	3,13%	2	3,08%	3	3,09%
Engenharia ergonômica	1	3,13%	2	3,08%	3	3,09%
Outros nomes	1	3,13%	4	6,15%	5	5,15%

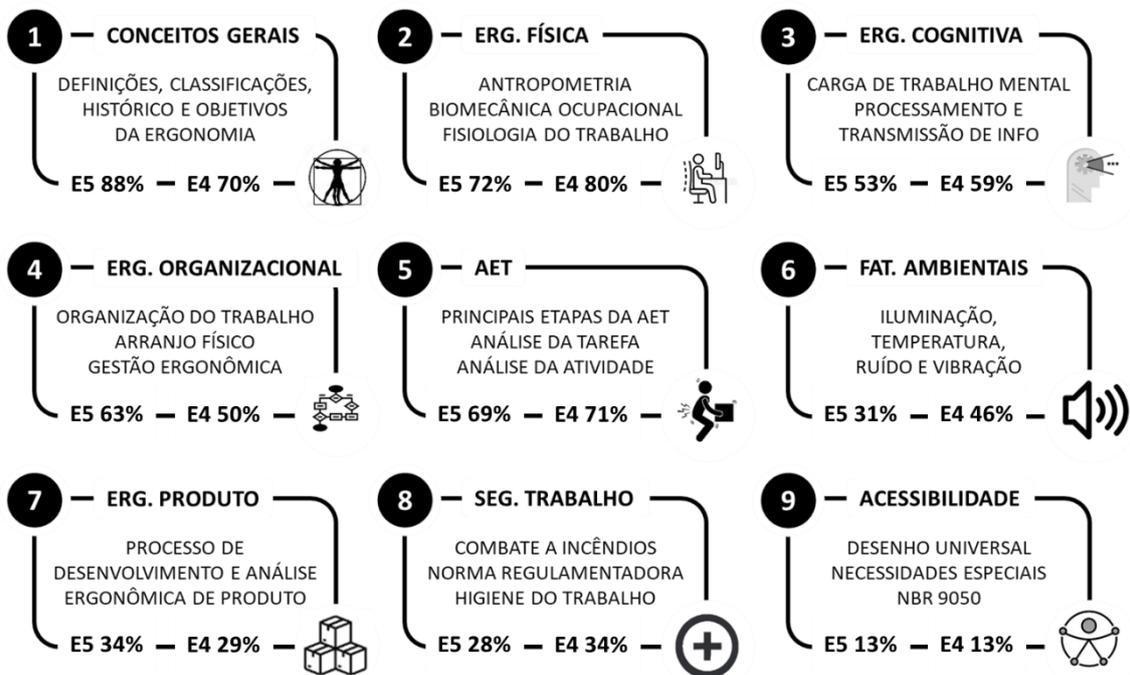
Pode-se destacar que a maioria (61) destas disciplinas apresenta carga horária de sessenta horas, ou seja, quatro créditos. Isto é mais observado em universidades com ENADE 5 (81%) do que em ENADE 4 (54%). Sua localização é diversificada, mas destacam-se aquelas que estão entre o quinto e sexto semestre (40%). A maior parte delas não apresenta laboratórios físicos e pesquisas em ergonomia (80%), dificultando o desenvolvimento de projetos acadêmicos ou sem auxílio de alunos de pós-graduação nas aulas. Algumas outras características distintas foram encontradas: três disciplinas à distância (EAD); uma IES que apresenta 4 disciplinas de ergonomia; uma disciplina de ergonomia no primeiro semestre e, apenas 4 cursos de graduação estão atrelados a programas de pós-graduação.

Na Tabela 03 pode-se verificar uma classificação das disciplinas a partir do nome apresentado nos projetos pedagógicos dos cursos. É possível evidenciar o enfoque que as disciplinas já direcionam seus conceitos e os interrelacionam à ergonomia. Disciplinas puramente com conteúdos de ergonomia foram destacadas e, abaixo destas, foram descritos os acréscimos de outras ciências e perspectivas. Aproximadamente 50% dos cursos apresentam o nome da disciplina apenas como 'ergonomia'. Destaca-se, entretanto, que 17 disciplinas são ensinadas junto à segurança do trabalho e outras sete fazem relação com a engenharia do trabalho. Por fim, algumas nomenclaturas para chamar a ergonomia foram encontradas, como adequação homem-máquina e biomecânica ocupacional.

4.4.2 Conteúdo programático das disciplinas

As ementas nos planos de ensino foram divididas em nove categorias principais, conforme a metodologia. Em disciplinas de ENADE 5, os tópicos que mais se destacaram foram a conceituação geral da ergonomia (88%) e a ergonomia física (72%); e, para ENADE 4, o destaque ocorreu nos tópicos de ergonomia física (80%) e AET (71%). A Figura 12 mostra o percentual de disciplinas que contemplam as categorias principais adotadas pelo estudo, além dos tópicos principais encontrados em cada categoria.

Figura 12 – Porcentagem dos tópicos atendidos em disciplinas de ergonomia



Na categoria de conceituação geral foram encontrados os conceitos introdutórios e definições de ergonomia, o seu histórico e campo de aplicação. O objetivo da ergonomia, a Norma Regulamentadora 17 (NR17), o panorama da ergonomia no Brasil e onde a localização na Engenharia de Produção também foram citados. Por fim, as classificações gerais de dimensões da ergonomia (física, cognitiva e organizacional), os tipos de ergonomia (concepção, correção e conscientização) e os conceitos de carga de trabalho (física e cognitiva) também foram mencionados e são atualmente ensinados nas disciplinas de ergonomia.

Para a categoria de Ergonomia Física, os planos de ensino abordaram tópicos principais de fisiologia, biomecânica e antropometria. Com relação à fisiologia do trabalho, nos planos de ensino são incluídos conceitos de aspectos energéticos do organismo humano, abrangendo a capacidade aeróbica, o dispêndio energético, além de trabalhos estáticos e dinâmicos com esforços e pausas. Para a biomecânica ocupacional, os tópicos cercaram os conceitos de posturas, trabalho pesado, levantamento e transporte manual de cargas, movimentos repetitivos, as consequências (LER e DORT) e as ferramentas de análise postural (RULA, REBA, OWAS e NIOSH). Por fim, para a antropometria, os

conceitos encontrados foram de medidas estáticas e dinâmicas, zonas de alcance, biótipo e aplicações de dimensionamento de postos de trabalho.

Na categoria de Ergonomia Cognitiva, os planos de ensino trazem conceitos de transmissão e processamento das informações, sensações, percepções e memória humana. Conceitos relacionados à carga de trabalho mental, suas análises e consequências também foram relatadas, como o estresse no trabalho, monotonia, fadiga e motivação. A Ergonomia Organizacional foi vista pelos conceitos de organização do trabalho, juntamente com os estudos de arranjo físico, seleção, treinamento e trabalhos flexíveis, em turnos e noturno. Questões vinculadas à gestão ergonômica, comitê de ergonomia, *job rotation* e estudos de jornada de trabalho mostraram o viés de organização da ergonomia.

A categoria de Análise Ergonômica do Trabalho foi citada nos planos de ensino a partir de suas cinco principais etapas, bem como a análise específica da tarefa e atividade. Além disto, destacam-se as consequências da realização da AET, como as demandas e instruções ergonômicas, laudos ergonômicos, uso de Softwares e Análise Ergonômica Preliminar (AEP). Os Fatores Ambientais foram apresentados por tópicos vinculados à iluminação, temperatura, ruído, vibração, agentes químicos e umidade. Estes são apresentados com conceitos, escalas de medição e impactos à saúde do trabalhador.

A categoria de Ergonomia do Produto abordou os conceitos de adaptação e análise ergonômica de produtos, processo de desenvolvimento de produtos, projeto centrado no usuário e levantamento. Para a categoria de Segurança do Trabalho, os tópicos destacados apresentam medidas de prevenção e combate a incêndios, primeiros socorros, Normas Regulamentadoras (NR) e higiene do trabalho. Já a categoria de Acessibilidade trouxe conceitos de desenho universal, necessidades especiais e a NBR 9050 (Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos).

Ainda com relação ao conteúdo programático, quanto às referências utilizadas para a construção das aulas e atividades, percebe-se que todas convergem para quatro livros semelhantes – Lida e Guimarães (2016); Guérin et al. (2010); Dul e Weerdmeester (2008) e Kroemer e Grandjean (2008). A NR 17 apareceu

também em diversos planos de ensino. Ainda assim, são necessários anos de trabalho para um livro ser escrito e publicado. Logo, a ergonomia mais clássica ganha espaço nas disciplinas dos cursos no Brasil, a partir dos conceitos e teorias de livros e normas. Nesta linha, não são observadas as publicações mais atuais com o uso de artigos de periódicos e revistas da área.

4.4.3 Formação dos professores de ergonomia

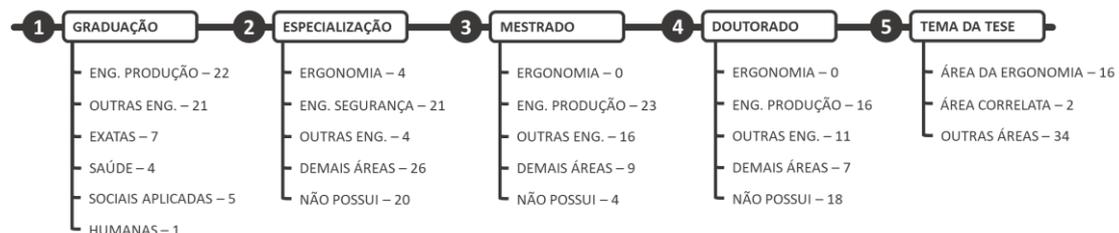
Na Figura 13 são apresentadas as formações acadêmicas dos professores em ergonomia. Vale ressaltar novamente que não existe graduação nem doutorado em ergonomia no Brasil, apenas os cursos de mestrado em ergonomia (Mestrado Profissional em Ergonomia – Universidade Federal de Pernambuco) com foco em design.

Figura 13 – Formação dos professores de ergonomia em cursos de engenharia de produção

ENADE 5



ENADE 4



Em cursos ENADE 5, percebe-se um baixo número de professores graduados em engenharia de produção, mas um elevado número de graduados em outras engenharias, como Engenharia Civil, Mecânica e Florestal. Nestas, os conceitos de segurança do trabalho são vistos, mas reduzidos e focados em suas respectivas áreas. Cursos de Arquitetura, Fisioterapia, Psicologia e Design abordam os temas de ergonomia voltados às suas áreas, como por exemplo a reabilitação do trabalhador, a carga mental de trabalho e o desenvolvimento de

produtos, espaço e mobiliários confortáveis. Por fim, cursos sem disciplinas de ergonomia na grade apareceram na formação dos professores, como Programação Visual, Turismo e Administração.

Para o ENADE 4, existe um maior número de professores (22) com graduação em engenharia de produção. Os demais cursos que apareceram são semelhantes aos cursos já destacados na formação dos professores de cursos ENADE 5. Vale destacar que seis professores possuem mais de uma graduação, abrangendo também outras áreas. Como formações distintas, foi possível observar a graduação em Ciências da Computação, Ciência e Tecnologia, Pedagogia e Engenharia Eletrônica.

Em nível de especialização *lato sensu* nas IES, onze professores realizaram especialização em ergonomia. Ainda, outros 31 professores realizaram uma especialização em engenharia de segurança do trabalho. Por fim, 28 professores analisados não possuem especialização. Apenas nove professores tem uma especialização em docência do ensino superior. Outras especializações também apareceram, como Neuropsicologia, Gestão Empresarial e Ciência de dados.

Apenas um professor realizou mestrado em ergonomia – na Bélgica. Grande parte dos professores possuem mestrado em engenharia de produção (35). Outros mestrados em engenharia, como mecânica, civil, ambiental e agrícola apareceram para 22 professores. Já outros cursos de mestrado, como Design, Ciências Florestais, Arquitetura, Meteorologia, Bioética, Políticas Públicas e Tecnologia também foram encontrados.

Dois professores possuem doutorado em ergonomia e, de forma análoga ao mestrado, o curso de doutorado mais encontrado entre estes professores foi o de Engenharia de Produção (26). Outro dado que se destacou foi o número de professores cursando o doutorado em diferentes áreas, como Design, Ciências da Saúde, Geografia e Memória e Conservação (16). Já outras Engenharias também foram identificadas, como Mecânica, Construção Civil, Elétrica e Agrícola (15). Quatro professores realizaram doutorado na França, Bélgica, Canadá e Portugal. Destaca-se que 21 professores não possuíam, no momento da coleta, o título de doutor, estando dez deles neste processo de formação.

Em relação ao tema de trabalhos acadêmicos, 26 professores possuem uma dissertação ou tese na área de ergonomia. Já para as áreas correlatas ou campos conexos com teses que trabalham com áreas semelhantes, como a segurança do trabalho por exemplo, foram encontrados 5 professores. Por fim, para trabalhos acadêmicos em outras áreas que não estão relacionadas à ergonomia foram encontrados 46 professores.

4.4.4 Metodologia de ensino nas disciplinas de ergonomia

Os planos de ensino que abordam as estratégias de aprendizagem nas disciplinas de ergonomia mostram que as formas mais utilizadas são tradicionais. Esta abordagem é descrita a partir de aulas expositivas, apresentação de vídeos, leituras de artigos, demonstração de conteúdo de forma oral e utilização de apresentação de slides. Nestes planos de ensino, é possível constatar que a principal avaliação é feita por provas e testes, investigando se o estudante consegue descrever de forma escrita os conteúdos teóricos vistos em aula.

Entretanto, outras atividades demonstram a intenção dos professores de tornar a aula mais dinâmica. Com relação aos trabalhos em equipe de estudantes, os planos de ensino apresentam estratégias como discussões em grupo, utilização de fóruns, atividades colaborativas, aulas dialogadas e seminários, que são utilizadas para complementar o ensino das teorias. Para a resolução de problemas da literatura os professores realizam exercícios, estudos dirigidos, uso de *softwares*, práticas experimentais e leituras e análises de artigos.

Pode-se observar em alguns planos de ensino a tentativa de interação do mercado de trabalho com os conteúdos de ergonomia. Para isto, os professores utilizam trabalhos em grupos em diferentes empresas para investigar problemas relacionados ao trabalhador, além de visitas técnicas para conhecer suas estruturas, onde a ideia é a proposição de melhorias pertinentes ao contexto da empresa visitada. Isso permite desenvolver nos estudantes outras habilidades que estão distantes do conteúdo, como gestão de equipes, comunicação e resolução de problemas, por exemplo.

Em cursos de ENADE 5, apenas um currículo cita a possibilidade de utilização de estratégias de aprendizagem ativa nas aulas de ergonomia, mesmo não apresentando qual será implementada ao longo do semestre. Também é possível observar que apenas um plano de ensino apresenta a necessidade de desenvolver competências relacionadas à engenharia de produção. Já nos cursos de ENADE 4, um currículo apresenta estratégias de aprendizagem ativas descritas e explicadas no decorrer do semestre: *Project-based Learning* e *Gamification* para o ensino da ergonomia. Por fim, três disciplinas descrevem as competências esperadas para cada estudante desenvolver.

4.4.5 As disciplinas de ergonomia em cursos de graduação de engenharia de produção em outros países

Inicialmente foram identificados 36 pesquisadores, sendo 12 destes professores de ergonomia em cursos de engenharia de produção. Estes cursos estão localizados em países como: Estados Unidos, Portugal, Peru, México, China, Indonésia, Canadá, Holanda e Itália. Na pesquisa, foi localizada ao menos uma disciplina relacionada à ergonomia em cada universidade, sendo que em duas delas identificou-se duas disciplinas. A carga-horária apresentada, em média, foi de quatro créditos, o que equivale a 60 horas/aula. No Apêndice C, o quadro resume todas as características encontradas nestas disciplinas.

Os nomes destas disciplinas dão enfoque a diferentes áreas da ergonomia, como a análise do trabalho, o design de postos, a segurança e a biomecânica ocupacional. Todos estes cursos abordam os conceitos gerais de ergonomia, como o histórico e as classificações básicas. Além disto, a análise do trabalho e suas vertentes também foram identificadas em todas as disciplinas analisadas. Foi possível observar que este é o foco da maioria das disciplinas, buscando desenvolver nos alunos a competência de analisar um sistema de trabalho sob a ótica do trabalhador e sua fisiologia.

Os tópicos da ergonomia física, como fisiologia, antropometria e biomecânica também foram identificados na maioria das disciplinas. O uso de suas ferramentas para o projeto e design do trabalho é aplicado pela maioria dos estudantes. Além disso, a ergonomia organizacional e os fatores ambientais do

trabalho foram vistos na metade dos currículos analisados. A ergonomia cognitiva apareceu em apenas duas disciplinas, em tópicos semelhantes como a análise da interface de computador e a fadiga gerada nestes processos. Mesmo com suas devidas importâncias dentro de cursos de engenharia de produção, a ergonomia do produto e a acessibilidade não apareceram em nenhum dos currículos analisados.

Desta forma, mesmo que sucintamente, observa-se que o ensino de ergonomia nos cursos de engenharia de produção em outros países apresenta-se com características muito variadas, sem um consenso relativo às ementas. Por fim, em relação as disciplinas de ergonomia em nível internacional, aquelas que mais se assemelham são as de universidades do México, Canadá e Indonésia. Nestes países, pôde-se observar uma disciplina com o mesmo enfoque do Brasil, onde as definições e teorias são ensinadas, mas o design e o projeto não são os principais focos.

4.5 DISCUSSÃO

A pesquisa encontrou 88 cursos de graduação em engenharia de produção na plataforma do MEC, atendendo as delimitações da pesquisa. O primeiro desafio foi encontrar os dados desta pesquisa a partir das informações coletadas. Pôde-se constatar uma grande dificuldade da localização de dados que devem estar publicados e serem de conhecimento público. Muitas destes não explicitam estes itens essenciais de uma maneira a facilitar a localização, sendo necessária uma investigação intensa e criteriosa.

O conhecimento destas questões permite ao estudante entender previamente do que se trata a disciplina, bem como da comunidade em geral, que pode buscar os dados para possíveis trabalhos conjuntos e estágios ou para contatar o professor responsável da área. Logo, destaca-se uma falha nas plataformas dos cursos de engenharia de produção, dificultando o acesso a informações importantes. É válido ressaltar que cursos de graduação possuem nota máxima no ENADE; espera-se, assim, uma maior organização nestes fatores, visto que este é um dos conceitos avaliados para a composição da nota final.

Nesta linha destaca-se outro ponto preocupante: oito IES não possuem disciplinas específicas de ergonomia. Em uma ciência onde o foco é aumentar a produtividade e reduzir os custos, a engenharia de produção deve contemplar conceitos que invistam na preocupação com o bem-estar psicofisiológico do trabalhador, visto que são estes os responsáveis por garantir a produção e os bens de empresas (Neumann e Dul, 2010). Cabe aos engenheiros terem a responsabilidade de tornar o ambiente laboral produtivo e adaptado ao trabalhador, evidenciando a importância da ergonomia (Dul et al., 2012).

A partir dos resultados, é possível analisar os conteúdos mais abordados nas disciplinas de ergonomia são: AET, a conceituação geral e a ergonomia física. Estes conteúdos são essenciais para entendimento de uma ergonomia voltada à engenharia de produção, relacionando esforços físicos e atividades laborais (Dul et al., 2012; Bures, 2015). Entretanto, estes três tópicos não são as únicas realidades que um engenheiro de produção pode enfrentar. As tendências em que o mercado de trabalho se encontra são voltadas a atividades de escritório, utilizando o computador em posturas sentadas (Lopes et al., 2021). Estes ambientes também devem igualmente ser estudados devido às altas chances de desenvolvimento de DORT (Bao e Lin, 2018), de modo que os futuros profissionais possam entender qual é o papel da ergonomia nestes casos.

Com estas mudanças no mercado, vale ressaltar também que as doenças de trabalho também estão mudando (Ramos et al., 2022; Zorzenon et al., 2022). Anteriormente eram observadas mais doenças vinculadas ao excesso de atividades manuais, associadas a forças e repetitividade que estes trabalhadores realizavam. No entanto, nos dias atuais, existe uma maior preocupação com as atividades cognitivas e o trabalho mental (Young et al., 2015). Deste modo, é necessário saber adaptar o trabalho de acordo com suas características cognitivas, utilizando a ergonomia para evitar problemas como a depressão, ansiedade e *burnout* (Bridger e Brasher, 2011). É importante entender que os conceitos de ergonomia ensinados devem atender os contextos de cada país e toda a situação complexa de trabalho existente (Ahasan e Hassan, 2015).

Em sala de aula, é importante que sejam trabalhadas as três dimensões (física, cognitiva e organizacional), com exemplos práticos e atividades. Ainda assim, mais de 40% das disciplinas analisadas não trabalham conceitos de ergonomia cognitiva e organizacional, transmitindo uma visão limitada da ergonomia a aspectos de transportes de cargas e posturas. Além disto, a segurança do trabalho está atrelada a ergonomia em diferentes currículos. Enquanto a segurança do trabalho ensina conceitos vinculados à proteção do trabalhador e à análise de acidentes, a ergonomia trabalha com os mesmos fatores, mas visando o conforto do trabalhador (Hernández et al., 2018). Porém, em determinadas situações, estas áreas podem trazer conhecimentos distintos, como os limites de referência de conforto e segurança.

Além da ementa estudada, é importante analisar a trajetória acadêmica que cada professor de ergonomia percorre durante a sua formação e o momento do desenvolvimento das competências técnicas necessárias para o ensino. O fato mais importante, neste caso, é que a formação deste professor não possui um padrão. Grande parte destes professores fez uma especialização na área de ergonomia ou engenharia de segurança do trabalho, da mesma forma em cursos de engenharia de produção.

Um total de 50 professores tiveram contato com o curso de engenharia de produção no decorrer de sua formação, seja na graduação, mestrado ou doutorado. Os 31 demais não possuíam nenhum contato com a área e hoje lecionam disciplinas de ergonomia no curso de engenharia de produção. O contato com a ergonomia pode ser feito em diferentes momentos, seja em cursos com o nome ou por contatos implícitos: por cursos de engenharia de produção, por especialização em engenharia de segurança do trabalho ou a partir do tema de trabalhos acadêmicos. Neste sentido, 8 professores não tiveram contato com a ergonomia na formação, em cursos onde não existem disciplinas obrigatórias de ergonomia.

É necessário investigar se este contato com a engenharia de produção ou na especialização de engenharia de segurança do trabalho é o suficiente para poder lecionar a ergonomia para outros estudantes. Ainda assim, 12 professores só

tiveram o contato a partir da especialização em engenharia de segurança do trabalho e 24 tiveram o contato somente por cursos de engenharia de produção. Nestes locais, a ergonomia é apresentada, por sua maioria, em apenas uma disciplina (em média, cerca de 2% da carga horária de um curso de graduação, conforme observado na seção de resultados iniciais deste artigo).

Outro fato importante de ser destacado é a formação em docência do ensino superior para os professores. Apenas oito professores fizeram uma especialização sobre docência ou formação no ensino superior e outros quatro fizeram a graduação com licenciatura. É importante evidenciar o fato do conhecimento para ensinar outros estudantes em engenharia, visto que não é um curso que desenvolve competências de ensino em seus profissionais (Barbosa e Moura, 2014).

Com este estudo, é possível também comprovar a formação diversificada dos professores de ergonomia no Brasil, seguindo os estudos da diversidade da formação de professores em cursos de engenharia (Wankat, 1999; Matos et al., 2014). Nenhum destes profissionais possuem a formação exatamente igual, com o mesmo curso graduação, especialização, mestrado e doutorado. Isto comprova a dificuldade de montar um padrão da formação do professor em ergonomia, pois diferentes áreas a contemplam e desenvolvem diferentes conteúdos essenciais para a profissão acadêmica. Em complemento, não é possível observar na literatura trabalhos acadêmicos que apresentam a complexidade da formação do professor em ergonomia.

Referente às estratégias de ensino utilizadas para a ergonomia, percebe-se que a abordagem predominante dos professores é a tradicional. Estudos comprovam que esta maneira de ensinar não é a mais eficaz, pois não levam o estudante a colocar em prática o que foi aprendido, além de não desenvolver diferentes competências necessárias no meio profissional (Martínez-Caro e Campuzano-Bolarín, 2011; Johnson e Ulseth, 2014; Nikolik et al., 2022). Nos planos de ensino analisados, as estratégias utilizadas são descritas a partir da utilização de equipamentos, como o uso de vídeos, projetor e quadro em aula, entre outros.

É possível constatar também que, por mais que se tenham abordagens e práticas em sala de aula, não existem referências a estratégias de aprendizagem ativas nos planos de ensino. A aplicação de estudos dirigidos, visitas às empresas e resoluções de problemas da literatura trazem uma abordagem dinâmica às aulas, mas não garantem o mesmo desempenho que as estratégias de aprendizagem ativa encontram em outras pesquisas, como pelo uso de *Problem-based Learning*, *Gamification* e *Project-based Learning* (Wortham, 2006; Moody, 2011; Page e Stanley, 2014; Lima et al., 2017; Colim et al., 2022). Para que isto ocorra, as estratégias recém indicadas, além de outras já estudadas na literatura, precisam ser incorporadas nas disciplinas.

Entretanto, um ponto positivo observado foram as diferentes maneiras existentes de aproximar as empresas das universidades. Esta aproximação é importante para um profissional em desenvolvimento, levando-o a entender a teoria vista em sala de aula sendo aplicada na prática e no cotidiano do mercado (Freeman et al., 2014; Lombardi e Shipley, 2019). Por outro lado, se mostra incipiente as explicações de demais estratégias para que isto ocorra e as sistemáticas para garantir o contorno de problemas que possam surgir no processo.

Ainda é pouco discutido o desenvolvimento de competências profissionais nos planos de ensino. Um bom profissional precisa desenvolver competências ao longo do seu aprendizado, que são essenciais no mercado de trabalho, como trabalho em equipe, ética, responsabilidade social, resolução de problemas e comunicação (Belwal et al., 2020; Kunrath et al., 2020; Fernández e Ceacero-Moreno, 2021). Os planos de ensino não demonstram a preocupação nestes tópicos, pela utilização única de estratégias tradicionais e pela falta de menção nas competências essenciais para aprovação nas disciplinas.

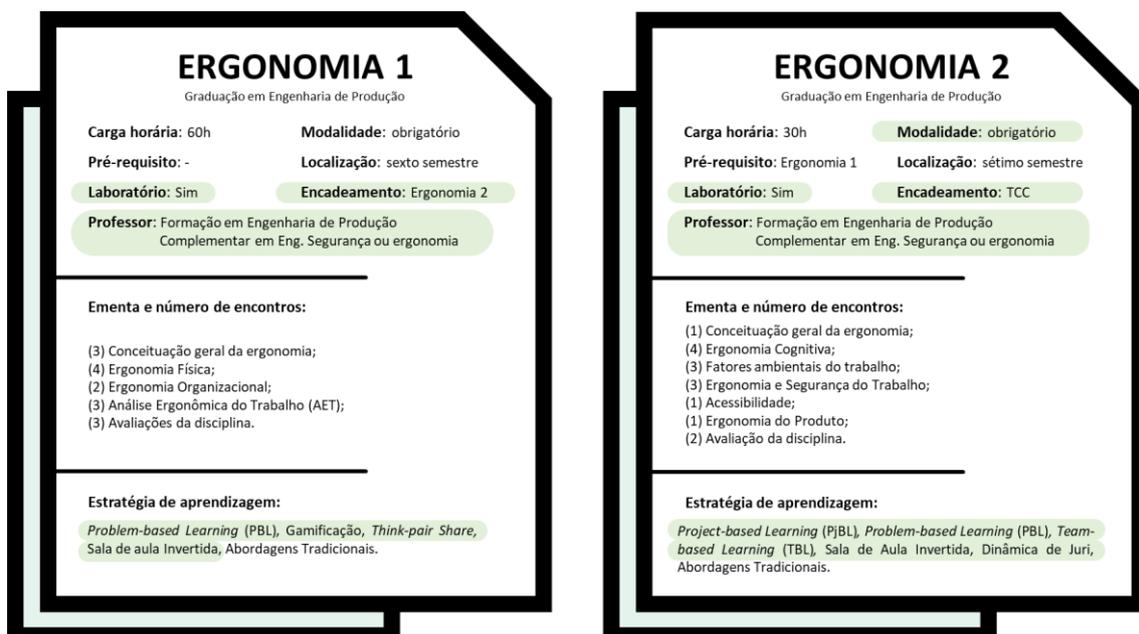
4.6 CONTRIBUIÇÕES GERAIS

Com base no estudo, a partir da análise da situação das disciplinas de ergonomia em cursos de engenharia de produção e em comparação com disciplinas em nível internacional, é possível desenvolver uma proposta que leve em consideração também as questões observadas na literatura. Trata-se de uma

contribuição para um plano de ensino de disciplinas de ergonomia, elaborada com tópicos essenciais vistos na literatura e nas disciplinas de ergonomia em nível internacional, além de que sejam plausíveis de serem aplicadas em IES brasileiras, como destacado na justificativa do estudo.

Na Figura 14, pode-se observar dois planos de ensino de disciplinas de ergonomia, para cursos de engenharia de produção. Estes planos contemplam pontos essenciais destacados nesta pesquisa: nome da disciplina, carga-horária, modalidade, localização no semestre, pré-requisito, encadeamento, formação do professor, existência de laboratório, ementa e estratégia de aprendizagem. É válido ressaltar que as informações destacadas em verde distinguem das observadas nos 88 cursos de graduação analisados, mas são trazidas pela literatura como essenciais. Ao lado de cada tópico da ementa existe o número de encontros sugeridos no decorrer do semestre.

Figura 14 – Planos de ensino de disciplinas de ergonomia em engenharia de produção



Como contribuição primária, este estudo destaca a necessidade de, ao menos, uma disciplina obrigatória em ergonomia de 60 horas de carga-horária. Para a disciplina de Ergonomia 1, como já é observado atualmente, não é necessária a presença de pré-requisitos, mas um espaço físico para a prática de estratégias de aprendizagem ativa e de tópicos práticos da ergonomia é recomendado. A

localização sugerida está no sexto semestre, onde disciplinas obrigatórias da engenharia já foram realizadas pelos estudantes. Espera-se que a formação básica do professor responsável pela disciplina seja obrigatoriamente em Engenharia de Produção e recomendada uma formação complementar em Engenharia de Segurança do Trabalho ou em Ergonomia.

Quanto à ementa, sugere-se inicialmente a aplicação de quatro classificações mais destacadas nos formatos atuais das disciplinas. A aplicação de conceitos da conceituação inicial, tratando das definições básicas da ergonomia e a Análise Ergonômica do Trabalho, trazendo a prática de análise da tarefa e da atividade, são os primeiros tópicos necessários para a discussão. Já as ergonomias física e organizacional preenchem o restante da disciplina, a partir de atividades que compreendam o bem-estar físico do trabalhador e seu esforço na realização do trabalho, bem como garantem a discussão da gestão da ergonomia em diferentes sistemas produtivos.

Em relação as estratégias de aprendizagem, recomenda-se que estas sejam aplicadas na ótica da aprendizagem ativa. A utilização de estratégias como o *Problem-based Learning*, Gamificação e Sala de Aula Invertida podem ser utilizadas na fase inicial do desenvolvimento das competências técnicas, incentivando o estudante a aprender de forma ativa e prática. A estratégia de *Think-pair Share*, utilizada para debater em pequenos e grandes grupos o conteúdo, pode ser aplicada como desenvolvimento de comunicação e compartilhamento de informação. Por fim, abordagens tradicionais também podem ser utilizadas em menor frequência, conforme é atualmente utilizado.

Devido a grande quantidade de conteúdos observados, o estudo sugere fortemente que os cursos de graduação em Engenharia de Produção tenham uma segunda disciplina de ergonomia. Com uma carga horária menor (30h), recomenda-se que as suas características gerais e a formação do professor sejam semelhantes a Ergonomia 1. Sugere-se que esta disciplina seja pré-requisito de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), visto os diferentes tópicos discutidos que podem ser aplicados.

Para a ementa, a recomendação é que sejam ensinadas as outras cinco classificações encontradas nesta pesquisa. Primeiramente, um encontro com a conceituação geral, no intuito de recapitular as principais definições. Em seguida, os tópicos de ergonomia cognitiva, os fatores ambientais do trabalho e a relação da ergonomia com a segurança do trabalho podem ser aplicados, com três encontros de teorias e práticas aplicadas. Por fim, o plano de ensino é encerrado com os tópicos de ergonomia do produto e acessibilidade, demonstrando seus principais conceitos e aplicações.

Quanto às estratégias de ensino, para a Ergonomia 2, sugere-se a utilização de *Project-based Learning*, onde os estudantes podem construir um projeto para solucionar situações reais de problemas encontrados nas empresas analisadas. Com estratégias auxiliares, como a *Team-based Learning* e a *Problem-based Learning*, os conteúdos podem ser aplicados sob a ótica da aprendizagem ativa. Por fim, recomenda-se também a utilização de Sala de Aula Invertida, Dinâmicas de Júri e abordagens tradicionais para os encontros teóricos e de debate.

4.7 CONCLUSÃO

A situação atual das disciplinas de ergonomia vista em cursos de engenharia de produção, antes desconhecida e sem um padrão, foi analisada a partir da formação do professor, o conteúdo que é ensinado e a estratégia utilizada para o ensino. Os procedimentos metodológicos adotados permitiram uma investigação aprofundada e adequada dos principais fatores, gerando resultados descritivos e comparativos sobre o tema. Devido à falta de padronização das disciplinas, cada curso de engenharia de produção acaba por tomar suas próprias ações na formação da ementa e no modo como é ensinado, impactando diretamente nos futuros profissionais.

O estudo pôde concluir que a ergonomia, ministrada em cursos de engenharia de produção, é geralmente ensinada a partir de uma única disciplina de 60h, no sexto semestre e sem a presença de laboratórios ou grupos de pesquisa auxiliar. Nestas disciplinas, os tópicos abordados são ergonomia física, AET e a conceituação geral, ministradas normalmente por estratégias tradicionais e

resolução de problemas. Os professores responsáveis pelas disciplinas de ergonomia são, em sua maioria, formados em engenharia de produção, com especialização em engenharia de segurança do trabalho e pós-graduação em engenharia de produção, com temas de trabalho final em ergonomia.

A partir da investigação sobre as disciplinas de ergonomia em um contexto atual e, em complemento, com os achados da literatura, um projeto de duas disciplinas de ergonomia foram propostas. Nestas disciplinas, os conteúdos essenciais de ergonomia, para cursos de engenharia, são trabalhados a partir de estratégias de aprendizagem ativa recomendadas pela literatura.

Para trabalhos futuros, sugere-se a extrapolação dos dados, pesquisando outras IES brasileiras e internacionais, permitindo contemplar as demais universidades sobre as questões coletadas. Como complemento aos planos de ensino desenvolvidos, sugere-se uma pesquisa que evidencie as principais competências técnicas e transversais necessárias para egressos das disciplinas de ergonomia em engenharia de produção. Isto permitirá comparar, por exemplo, com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) das engenharias e com o *Core Competencies* da Associação Internacional de Ergonomia (IEA).

REFERÊNCIAS

- ABEPRO, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2023. Available in: <https://abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>. Access in: February 2023.
- ABERGO, Associação Brasileira de Ergonomia, 2006. Norma ERG BR 1003: Padrões para a Acreditação de Programas de Pós-Graduação Lato Sensu [Especializações] em Ergonomia. Available in: https://www.abergo.org.br/_files/ugd/18ffee_ef4228ccecdb45bfbcdd7cb39096c2.pdf. Access in: February 2023.
- Abrahão, R. F., Tereso, M. J. A., Gemma, S. F. B., 2015. A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) aplicada ao trabalho na agricultura: experiências e reflexões. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional** 40 (131). <https://doi.org/10.1590/0303-7657000079013>.
- Acioy, A. S. G., Oliveira, M. D., Freitas, V. H. F., 2012. Analysis of accessibility for buildings of a graduation school – an experiment in ergonomics training curriculum. **Work** 41, 4124-29. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0707-4124>.
- Ahasan, R., Hassan, A., 2015. Removing Barriers to Promote Human Factors & Ergonomics Education in Developing Countries. **Journal of Ergonomics** 5 (1). <https://10.4172/2165-7556.1000e128>.
- Ahmed, A., Sayed, K., 2020. Development of competency-based training system in Assiut- ITEC: A case study. **The Journal of Competency Based Education** 5 (3), 1-12. <http://doi.org/10.1002/cbe2.1217>.
- Alves, A. C., Ferreira, A. C., Maia, L. C., Leão, C. P., Carneiro, P. A symbiotic relationship between Lean Production and Ergonomics: insights from Industrial Engineering final year projects. **International Journal of Industrial Engineering and Management** 10 (4), 243-256. <https://doi.org/10.24867/IJIE-2019-4-244>.
- Andrade, J. H., Mendes, J. V., Escrivão Filho, E., 2010. A perspectiva administrativa na atuação do engenheiro de produção: estudo de caso em uma pequena empresa metalúrgica. **GEPROS: gestão da produção, operações e sistemas**, 2010 (1), 11-25.
- Andrade, P. R. L., Scarpin, C. T., Steiner, M. T. A., 2012. Geração da grade horária do curso de engenharia de produção da UFPR através de programação linear binária. **Proceedings of Congresso Latino-Iberoamericano de Investigación Operativa (CLAIO)**, Rio de Janeiro, 2012.
- Araújo, A. V., Arcanjo, G. S., Fernandes, H. S., 2018. Ergonomic work analysis: A case study of bus drivers in the private collective transportation sector. **Work** 60 (1), 41-47. <https://doi.org/10.3233/WOR-182718>.
- Arezes, P. M., Swuste, P., 2013. The emergence of (post) academic courses in occupational safety and health: the example of Portugal. **Industrial and Commercial Training** 45 (3), 171-9. <https://doi.org/10.1108/00197851311320595>.
- Bao, S., Lin, J., 2018. An investigation into four different sit–stand workstation use schedules. **Ergonomics** 61 (2), 243-54. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1353139>.
- Barbosa, E. F., Moura, D. G., 2014. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia. **Proceedings of XIII International Conference on Engineering and Technology Education (INTERTECH)** 2014, Portugal.
- Barbosa, L. H., Pinheiro, M. H. C., 2012. Teaching ergonomics to undergraduate physical therapy students: new methodologies and impressions of a Brazilian experience. **Work** 41, 4790-4. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0765-4790>.
- Bardin, L., 2015. Análise de Conteúdo. **Edições 70**: 1ª ed., 288 p. ISBN: 9724415066.
- Behm, M., Culvenor, J., Dixon, G., 2014. Development of safe design thinking among engineering students. **Safety Science** 63, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.10.018>.
- Belwal, R., Belwal, S., Sufian, A., Badi, A., 2020. Project-based learning (PBL): outcomes of students' engagement in an external consultancy project in Oman. **Education + Training** 63 (3), 336-59. <https://doi.org/10.1108/ET-01-2020-0006>.

- Benjaoran, V., Bhokha, S., 2010. An integrated safety management with construction management using 4D CAD model. **Safety Science** 48 (3), 395-403. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.09.009>.
- Boaventura, P. S. M., Souza, L. L. F., Gerhard, F., Brito, E. P. Z., 2018. Desafios na formação de profissionais em Administração no Brasil. **Revista Administração: Ensino & Pesquisa** 19 (1). <https://doi.org/10.13058/raep.2018.v19n1.775>.
- Bodnar, C. A., Anastasio, D., Enszer, J. A., Burkey, D. D., 2016. Engineers at Play: Games as Teaching Tools for Undergraduate Engineering Students. **Journal of Engineering Education** 105 (1), 147-200. <http://doi.org/10.1002/jee.20106>.
- Bolis, I., Brunoro, C. M., Sznclwar, L. I., 2014. Work in corporate sustainability policies: the contribution of ergonomics. **Work** 4 (3), 417-31. <https://doi.org/10.3233/WOR-141962>.
- Borchardt, M., Vaccaro, G. L. R., Azevedo, D., Ponte Jr., J. O perfil do engenheiro de produção: a visão de empresas da região metropolitana de Porto Alegre. **Production** 19 (2), 230-48. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132009000200002>.
- Branco, R. P. S., Ollay, C., Kanazawa, F., 2021. Análise da atividade e sua contribuição na identificação das exigências de trabalho de um enfermeiro do trabalho. **Ação Ergonômica** 15 (2).
- Brasil. Ministério da Educação, 2019. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares do Curso de Graduação em Engenharia**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Seção 1, 43.
- Bridger, R. S., Brasher, K., 2011. Cognitive task demands, self-control demands and the mental well-being of office workers. **Ergonomics** 54 (9), 830-9. <https://doi.org/10.1080/00140139.2011.596948>.
- Brodoy, E. E., Xavier, A. A. P., Oliveira, R., 2017. Comparative analysis of methods for determining the clothing surface temperature (t_{cl}) in order to provide a balance between man and the environment. **International Journal of Industrial Ergonomics** 57, 80-7. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.12.002>.
- Bures, M., 2015. Efficient education of ergonomics in industrial engineering study program. **Procedia – Social and Behavioral Sciences** 174, 3204-3209. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.983>.
- Caple, D., 2008. Emerging challenges to the ergonomics domain. **Ergonomics** 51 (1), 49-54. <https://doi.org/10.1080/00140130701800985>.
- Cardoso, M. S., Gontijo, L. A., 2012. Avaliação da carga mental de trabalho e do desempenho de medidas de mensuração: NASA TLX e SWAT. **Gestão & Produção** 19 (4), <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000400015>.
- Charytonowicz, J., 2000. Tomorrow's Ergonomics. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, 44 (33), 6-194-6-197. <https://doi.org/10.1177/154193120004403331>.
- Coelho, L. G., Grimoni, J. A. B., 2014. Work-in-progress: Institutional policies on teacher training and engineering teachers' training. **Proceedings of 2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)**, Dubai, United Arab Emirates, 2014, 17-20. <https://doi.org/10.1109/ICL.2014.7017935>.
- Colim, A., Carneiro, P., Carvalho, J. D., Teixeira, S., 2022. Occupational Safety & Ergonomics training of Future Industrial Engineers: A Project-Based Learning Approach. **Procedia Computer Science** 204, 505-12. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.119>.
- Colim, A., Faria, C., Cunha, J., Oliveira, J., Sousa, N., Rocha, L. A., 2021. Physical Ergonomic Improvement and Safe Design of an Assembly Workstation through Collaborative Robotics. **Safety** 7 (1), 14. <https://doi.org/10.3390/safety7010014>.
- Cordeiro, F. R., Paslauskis, C. A., Wachs, P., Tinoco, M. A. C., 2020. Production engineers profiling: competences of the professional the market wants. **Production** 30, e20190093. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20790093>.

- Costa, R., Britto, A., Waltenberg, F., 2020. Efeitos da formação docente sobre resultados escolares do ensino médio. **Estudos Econômicos (São Paulo)** 50 (3). <https://doi.org/10.1590/0101-41615031raf>.
- Custódio, R. A. R., Silva, C. E. S., Brandão, J. G. T., 2012. Ergonomics work analysis applied to dentistry - a Brazilian case study. **Work** 41 (1), 690-97. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0227-690>.
- Daouk, Z., Bahous, R., Bacha, N. N., 2016. Perceptions on the effectiveness of active learning strategies. **Journal of Applied Research in Higher Education** 8 (3), 306-75. <https://doi.org/10.1108/JARHE-05-2015-0037>.
- Digiampietri, L., Lauretto, M., Nakano, F., 2016. Estratégia de Análise Quantitativa para Revisão de Pré-requisitos em uma Matriz Curricular do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação. **ISys - Brazilian Journal of Information Systems**, 9 (2).
- Din, Z., Gibson Jr., G., 2019. Serious games for learning prevention through design concepts: An experimental study. **Safety Science** 115, 176-87. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.02.005>.
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., Wilson, J. R., van der Doelen, B., 2012. A strategy for human factors/ergonomics: Developing the discipline and profession. **Ergonomics** 55 (4), 377-95. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>.
- El-Zein, A. H., Hedemann, C., 2016. Beyond problem solving: Engineering and the public good in the 21st century. **Journal of Cleaner Production** 137, 692-700. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.129>.
- Fernández, P., Ceacero-Moreno, M., 2021. Study of the Training of Environmentalists through Gamification as a University Course. **Sustainability** 13 (4). <http://doi.org/10.3390/su13042323>.
- Fonseca, M. L. F., Paravizo, E., Lima, F. T., Simões, R. R., Braatz, D., 2020. Análise da presença das disciplinas das ciências do trabalho em cursos de Engenharia de Produção. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. https://doi.org/10.14488/enegep2020_tn_sd_353_1819_41505.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., Wenderoth, M. P., 2014. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 111 (23), 8410-15. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>.
- Gallagher, S., Heberger, J. R., 2013. Examining the Interaction of Force and Repetition on Musculoskeletal Disorder Risk: A Systematic Literature Review. **Human Factors** 55 (1), 108-124. <https://doi.org/10.1177/0018720812449648>.
- Garcia, P. S., Bizzo, N., 2013. Formação contínua a distância: gestão da aprendizagem e dificuldades dos professores. **Cadernos de Pesquisa** 43 (149). <https://doi.org/10.1590/S0100-15742013000200014>.
- García-Fayos, B., Arnal, J., Sancho, M., Ruvira, B., 2020. Process safety training for chemical engineers in Spain: Overview and the example of the polytechnic university of Valencia. **Education for Chemical Engineers** 33, 78-90. <http://doi.org/10.1016/j.ece.2020.08.001>.
- Garneau, C., Parkinson, M. B., 2016. A survey of anthropometry and physical accommodation in ergonomics curricula. **Ergonomics** 59 (1). <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1052853>.
- Gielo-Perczak, K., Karwowski, W., Hancock, P. A., Marras, W. S., Bonato, P., 2012. Multidisciplinary Concepts in Ergonomic Design and Individual Differences in Performance. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**, 56 (1), 1034-1038. <https://doi.org/10.1177/1071181312561226>.
- González, J., Martínez, L., Aguas, R., De La Hoz, J., Sánchez, H., 2023. Redesign and Implementation of the Electromagnetism Course for Engineering Students Using the Backward Design Methodology. **Sustentability** 15 (16), 12152. <https://doi.org/10.3390/su151612152>.

- Grohs, J. R., Kirk, G. R., Soledad, M. M., Knight, D. B., 2018. Assessing systems thinking: A tool to measure complex reasoning through ill-structured problems. **Thinking Skills and Creativity** 28, 110-30. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.03.003>.
- Hassall, M. E., Lant, P., Cameron, I. T., 2020. Student perspectives on integrating industrial practice in risk and process safety education. **Education for Chemical Engineers** 32 (4), 59-71. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.04.002>.
- Hendrick, H. W., 2000. The Technology of Ergonomics. **Theoretical Issues in Ergonomics Science** 1 (1), 22-33.
- Hernández, A. R. G., Xavier, A. A., P., Picinin, C. T., 2018. Análise bibliométrica da produção científica nacional em ergonomia e segurança do trabalho: SIMPEP 2010-2015. **GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas** 14 (3), 101-18. <https://doi.org/10.15675/gepros.v13i3.1930>.
- IEA, International Ergonomics Association, 2021. Available in: <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>. Access in: March 2023.
- Iida, I., Guimarães, L. B., 2016. Ergonomia: Projeto e Produção. Blucher: 3rd edition. 864 p. ISBN: 978-85-212-0935-5.
- Jackson Filho, J. M., Maeno, M., 2015. Desenvolvimentos da Análise Ergonômica do Trabalho no Brasil no contexto da “desorganização do trabalho”. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional** 40 (131). <https://doi.org/10.1590/0303-7657ED0113115>.
- Johnson, B., Ulseth, R., 2014. Professional competency attainment in a project based learning curriculum: A comparison of project based learning to traditional engineering education. **Proceedings of 2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)**, 1-4. <https://doi.org/10.1109/fie.2014.7044124>.
- Johnston, B., Dowling, M., 2023. Qualitative Research and Cancer Nursing: A Guide for Novice Researchers. **Seminars in Oncology Nursing** 20, 151397. <https://doi.org/10.1016/j.soncn.2023.151397>.
- Kadir, B. A., Broberg, O., Conceição, C. S., 2019. Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0. **Computers & Industrial Engineering** 137, 106004. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106004>.
- Kiritsis, D., Bufardi, A., Mavrikios D., Knothe T., Szigeti, H., Majumdar, A., 2013. A competence-based industrial learning approach for factories of the future. **Education and Information Technologies** 18, 331-50. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9247-3>.
- Korotchenko, T., Matveenko, I., Srenlnikova, A., Phillips, C., 2015. Backward Design Method in Foreign Language Curriculum Development. **Procedia – Social and Behavioral Sciences** 215, 213-7. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.11.624>.
- Kunrath, K., Cash, P. Kleinsmann, M., 2020. Designers' professional identity: personal attributes and design skills. **Journal of Engineering Design** 31 (6), 297-330. <https://doi.org/10.1080/09544828.2020.1743244>.
- Kuo, H., Tseng, Y., Yang, Y., 2019. Promoting college student's learning motivation and creativity through a STEM interdisciplinary PBL human-computer interaction system design and development course. **Thinking Skills and Creativity** 31, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.09.001>.
- Lallemand, C., 2012. Contributions of participatory ergonomics to the improvement of safety culture in an industrial context. **Work** 41 (1), 3284-90. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0595-3284>.
- Lange, D., Torero, J. L., Spinardi, G., Law, A., Johnson, P., Brinson, A., Maluk, C., Hidalgo, J. P., Woodrow, M., 2022. A competency framework for fire safety engineering. **Fire Safety Journal** 127, 103511. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103511>.
- Lima, R. M., Dinis-Carvalho, J., Sousa, R., Arezes, P., Mesquita, D., 2018. **Project-Based Learning as a Bridge to the Industrial Practice**. In: Viles, E., Ormazábal, M., Lleó, A. (eds) Closing the Gap Between Practice and Research in

Industrial Engineering. Lecture Notes in Management and Industrial Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58409-6_41.

Lombardi, D., Shipley, T. F., 2021. The Curious Construct of Active Learning. **Psychological Science in the Public Interest** 22 (1), 8-43. <https://doi.org/10.1177/1529100620973974>.

Lopes, A. R., Trelha, C. S., Robazzi, M. L. C. C., Reis, R. A., Pereira, M. J. B., Santos, C. B., 2021. Fatores associados a sintomas osteomusculares em profissionais que trabalham sentados. **Revista de Saúde Pública** 55 (2), 1-12. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055002617>.

Losekan, I., Dias, J. P. S., Neta, C. T. D., Bagiotto, J. R. M., Franz, L. A. S., 2019. Desenvolvimento da AET quando o trabalho prescrito não está claro: o caso de uma indústria alimentícia. **Revista Produção Online** 19 (4), 1369-97. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v19i4.3485>.

Luque, E. P., Brolin, E., Högberg, D., Lamb, M., 2022. Challenges for the Consideration of Ergonomics in Product Development in the Swedish Automotive Industry – An Interview Study. **Proceedings of the Design Society** 2, 2165-74. <https://doi.org/10.1017/pds.2022.219>.

Machado, D. V., Ferreira, G. G., Velloso, M. P., Leta, F. R., 2010. Reflexão sobre pré-requisitos em um novo Currículo de engenharia através de mapas mentais: visão do aluno. **Proceedings of XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** (COBENGE), Fortaleza, 2010.

Martínez-Caro, E., Campuzano-Bolarín, F., 2011. Factors affecting students' satisfaction in engineering disciplines: traditional vs. blended approaches. **European Journal of Engineering Education** 36, 473-83. <http://dx.doi.org/10.1080/03043797.2011.619647>.

Matos, M. M., Pereira, R. M., Iaochite, R. T., Fernandes, R. S., 2014. A formação do professor em nível superior de engenharia: uma visão a partir da leitura da revista de ensino de engenharia. **Proceedings do XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Minas Gerais, 2014.

Meixell, M. J., Buyurgan, N., Kiassat, C., 2015. Curriculum Innovation in Industrial Engineering: Developing a New Degree Program. **Proceedings of 2015 ASEE Annual Conference & Exposition**, Seattle, Washington. <https://doi.org/10.18260/p.23775>

Merbah, J., Gorce, P., Jacquier-Bret, J., 2020. Effects of environmental illumination and screen brightness settings on upper limb and axial skeleton parameters: how do users adapt postures?. **Ergonomics** 60 (12), 1561-70. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1808248>.

Milton, S. K., Johnson, L. W., 2012. Service blueprinting and BPMN: a comparison. **Managing Service Quality: An International Journal** 22 (6), 606–21. <https://doi.org/10.1108/09604521211287570>.

Moody, L., 2011. A Studio-Based Approach to Teaching Ergonomics and Human Factors. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 55th Annual Meeting** 55 (1), 545–9. <https://doi.org/10.1177/1071181311551111>.

Naeini, H. S., Mossaddad, S. H., 2013. The Role of Ergonomics Issues in Engineering Education. **Procedia – Social and Behavioral Sciences** 102, 587-90. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.775>.

Neumann, W. P., Dul, J., 2010. Human factors: spanning the gap between OM and HRM. **International Journal of Operations & Production Management** 30 (9), 923-950. <https://doi.org/10.1108/01443571011075056>.

Nguyen, H., Wu, L., Fischer, C., Washington, G., Warschauer, M., 2020. Increasing success in college: Examining the impact of a project-based introductory engineering course. **Journal of Engineering Education** 109 (3), 384-401. <https://doi.org/10.1002/jee.20319>.

Nikolic, S., Ros, M., Jovanovic, K., Stanisavljevic, Z., 2021. Remote, simulation or traditional engineering teaching laboratory: a systematic literature review of assessment implementations to measure student achievement or learning. **European Journal of Engineering Education** 46, 1141-62. <https://doi.org/10.1080/03043797.2021.1990864>.

- Page, L., Stanley, L., 2014. Ergonomics Service Learning Project: Implementing an Alternative Educational Method in an Industrial Engineering Undergraduate Ergonomics Course. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing** 24 (5), 1-13. <http://doi.org/10.1002/hfm.20544>.
- Paravizo, E., Fonseca, M. L. F., Lima, F. T., Gemma, S. F. B., Rocha, R., Braatz, D., 2021. How Ergonomics and Related Courses Are Distributed in Engineering Programs? an Analysis of Courses from Brazilian Universities. **Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021)**, 567-74. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74602-5_78.
- Passow, H. J., 2012. Which ABET Competencies Do Engineering Graduates Find Most Important in their Work?. **Journal of Engineering Education** 101 (1), 95-118. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb00043.x>.
- Pizo, C. A., Menegon, N. L., 2010. Análise ergonômica do trabalho e o reconhecimento científico do conhecimento gerado. **Production** 20 (4). <https://doi.org/10.1590/S0103-65132010005000058>.
- Prasetyo, Y. T., 2020. Standardizing Human Factors and Ergonomics Education for the Undergraduate Programs in Industrial Engineering: A Comparative Analysis between Indonesia, Philippines, and Taiwan. **Proceedings of IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications**. [https://doi.org/978-1-7281-6785-5/20/\\$31.00](https://doi.org/978-1-7281-6785-5/20/$31.00).
- Qian, Y., Vaddiraju, S., Khan, F., 2023. Safety education 4.0 – A critical review and a response to the process industry 4.0 need in chemical engineering curriculum. **Safety Science** 161, 106069. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106069>.
- Ramos, D., Cotrim, T., Arezes, P., Baptista, J., Rodrigues, M., Leitão, J., 2022. Frontiers in Occupational Health and Safety Management. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 19 (17), 10759. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710759>.
- Read, G., Schultz, K., Goode, N., Salmon, P., 2022. Using cognitive work analysis to identify competencies for human factors and ergonomics practitioners. **Ergonomics** 65 (3), 348-361. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1955979>.
- Richardson, M., Thatcher, A., 2023. State of science: refitting the human to nature. **Ergonomics** Online Version. <https://doi.org/10.1080/00140139.2023.2236340>.
- Rocha, R., Bau, L. M., 2023. Dicionário de Ergonomia e Fatores Humanos: O Contexto Brasileiro em 110 Verbetes. ABERGO: 1st edition. 350 p. ISBN: 978-65-981493-1-4.
- Rodeghiero Neto, I., Amaral, F. G., 2024. Teaching occupational health and safety in engineering using active learning: A systematic review. **Safety Science** 171, 106391. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106391>.
- Salvendy, G., Karwowski, W., 2021. Handbook of Human Factors and Ergonomics. Wiley: 5th edition. 1600 p. ISBN: 978-1-119-63611-3.
- Sandelowski, M., 2009. What's in a name? Qualitative description revisited. **Research in Nursing & Health** 33 (1), 77-84. <https://doi.org/10.1002/nur.20362>.
- Santos, P. F., Simon, A. T., 2018. Uma avaliação sobre as competências e habilidades do engenheiro de produção no ambiente industrial. **Gestão & Produção** 25 (2). <https://doi.org/10.1590/0104-530X2081-18>.
- Serrazina, M. L., 2014. O professor que ensina Matemática e a sua formação: uma experiência em Portugal. **Educação & Realidade** 39 (4), 1051-69.
- Silva, R., Garcez, A., Gomes, M., Morais, A., Lima, T., Santos, F., Franco, M., 2021. Active Learning “Factory of Boxes” in the Teaching-Learning Processes in Engineering and Entrepreneurship. **Journal of Technical Education and Training** 13 (3), 1-14. <https://doi.org/10.30880/jtet.2021.13.03.001>.
- Soares, S. C. A., Soares, I. M. M., 2020. Direito do trabalho e ergonomia organizacional: prevenção do assédio moral e da síndrome de Burnout por contribuição do modelo demanda-controle de Karasek. **Ação Ergonômica** 14 (2).

- Sturm, C. H., Schrippe, P., Medeiros, F. S. B., Koschek, J. F., Weise, A. D., 2015. Mapeamento e análise de desempenho da graduação e da pós-graduação em Engenharia de Produção no Brasil. **Gestão & Produção** 22 (1). <https://doi.org/10.1590/0104-530X956-13>
- Swallow, M., Zulu, S., 2020. Students' awareness and perception of the value of BIM and 4D for site health and safety management. **Journal of Engineering, Design and Technology** 18 (2), 414-30. <https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2019-0174>.
- Thatcher, A., Waterson, P., Todd, A., Moray, N., 2017. State of Science: ergonomics and global issues. **Ergonomics** 61 (2), 197-213. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1398845>.
- Thomas, D. R., 2006. A General Inductive Approach for Analyzing Qualitative Evaluation Data. **American Journal of Evaluation** 27 (2). <https://doi.org/10.1177/1098214005283748>.
- Wankat, P. C., 1999. Educating Engineering Professors in Education. **Journal of Engineering Education** 88 (4), 471-75. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1999.tb00476.x>.
- Wortham, T. B., 2006. Adapting Common Popular Games to a Human Factors/Ergonomics Course. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting** 50 (20), 2259–63. <https://doi.org/10.1177/154193120605002005>.
- Young, M. S., Brookhuis, K. A., Wickens, C. D., Hancock, P. A., 2015. State of science: mental workload in ergonomics. **Ergonomics** 58 (1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.956151>.
- Zare, M., Croq, M., Hossein-Arabi, F., Brunet, R., Roquelaure, Y., 2016. Does Ergonomics Improve Product Quality and Reduce Costs? A Review Article. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries** 26 (2), 205-33. <https://doi.org/10.1002/hfm.20623>.
- Zhang, M., Li, H., Tian, S., 2023. Visual analysis of machine learning methods in the field of ergonomics — Based on Cite Space V. **International Journal of Industrial Ergonomics** 93, 103395. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2022.103395>.
- Zorzenon, R., Lizarelli, R. L., Moura, D. B. A. A., 2022. What is the potential impact of industry 4.0 on health and safety at work? **Safety Science** 153, 105802. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105802>.

APÊNDICE C

Características de 12 disciplinas de ergonomia, em cursos de engenharia de produção, de diferentes países.

Universidade	País	Disciplinas	Carga-horária	Ementa
Purdue University	Estados Unidos da América	<ul style="list-style-type: none"> • Análise e design do Trabalho I • Análise e design do Trabalho II 	<ul style="list-style-type: none"> • 45h • 45h 	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentos de métodos de trabalho e medição. Aplicações de princípios de engenharia, psicológicos e fisiológicos para análise e design de sistemas de trabalho humano. • Aplicações de princípios e métodos de engenharia, ciências da computação, ciências da informação e psicologia para análise e design de sistemas de trabalho humano.
Universidade do Minho	Portugal	Ergonomia e Estudo do Trabalho	95h	Ergonomia: definição e objetivos; Interface Homem-máquina; Antropometria; Biomecânica ocupacional; Estudo do Trabalho; Importância do fator humano no Estudo do Trabalho; Estudo dos Métodos; Medida do Trabalho. Tempos-padrão. Cronometragem. Julgamento da atividade. Tempo normalizado e correções ao tempo; Amostragem do Trabalho; Planos de incentivos salariais.
Delft University of Technology	Holanda	Fatores Humanos e Ergonomia	75h	Teorias científicas, métodos, dados e ferramentas para otimizar as interações em termos de equilíbrio entre desempenho, bem-estar e satisfação. Perspectiva humana no design, levando em consideração as necessidades, capacidades e limitações das pessoas. Interações do nível micro ao macro. Abordagem sistêmica, mapeamento, consequências para indivíduos, equipes e organizações ao longo do tempo. Projeto de sistemas sociotécnicos. Projetos nas áreas de saúde, mobilidade, esportes e produtos/serviços/sistemas de consumo. Compreensão das complexidades das pessoas e dos desafios de incorporar fatores humanos no design.
Toronto Metropolitan University	Canada	Ergonomia Industrial	60h	Fatores anatômicos e fisiológicos do operador humano para o design e uso de máquinas e instalações de trabalho. Fisiologia do trabalho e aspectos biomecânicos da carga de trabalho industrial, trabalho em turnos, fadiga, trauma cumulativo. Técnicas para otimização da disponibilidade do sistema humano/máquina e organização de estações de trabalho. A redução de fatores como problemas visuais, ruído, estresse térmico e frio para o design ambiental do local de trabalho. Técnicas de análise postural para a criação de designs ergonômicos de trabalho. Projetos em ergonomia industrial.
Pontificia Universidad Católica del Peru	Peru	Segurança e Ergonomia	45h	Conceitos gerais e básicos; Organização preventiva em empresas e instituições; Importância do efeito do uso de indicadores de eficiência e rentabilidade; Prevenção de riscos, desastres ou acidentes na indústria; Segurança e saúde ocupacional industrial; Medicina do trabalho; Ergonomia; Antropometria, biomecânica, aplicações no design de postos de trabalho; Ecologia, poluição e controle ambiental; Avaliação de sistemas de gestão de segurança e saúde ocupacional.
The University of Hong Kong	China	Engenharia de Fatores Humanos	90h	Interação humano-organização; usabilidade e design da interface humano-tecnologia; segurança e saúde no local de trabalho; antropometria aplicada e biomecânica;

				trabalho físico e movimentação manual de materiais; estudo de tempo e movimento; design de local de trabalho e ambiente, iluminação, ruído, térmico; processamento de informações; exibição e controle; habilidades e aprendizado; design de trabalho e trabalho por turno.
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez	México	Ergonomia	120h	Aplicar os princípios e critérios ergonômicos e antropométricos para o design e melhoria do local de trabalho e produtos com base em condições de conforto, segurança e funcionalidade. Unidade I: Introdução à Ergonomia – História; Multidisciplinaridade; Benefícios; Comitês de Ergonomia. Unidade II: Antropometria - Antecedentes e Definição de Antropometria Estática e Dinâmica. Unidade III: Ergonomia no Local de Trabalho (Parte I) - Posturas de Trabalho; Distúrbios do Sistema Musculoesquelético; Ferramentas: Princípios Ergonômicos para o Design. Unidade IV: Ergonomia no Local de Trabalho (Parte II) - integração do Homem com Sistemas de Informação; Painéis; Painéis Auditivos; Controle. Unidade V: Ergonomia Ambiental - Ruído, Iluminação e Temperatura.
University of Wisconsin–Madison School of Nursing	Estados Unidos da América	<ul style="list-style-type: none"> ● Engenharia de Fatores Humanos: Design e Avaliação; ● Ergonomia Ocupacional e Biomecânica 	<ul style="list-style-type: none"> ● 45h ● 45h 	<ul style="list-style-type: none"> ● Avaliação, análise e recomendações de design para melhorar o desempenho humano e a produtividade em ambientes aplicados. Coleta de dados em instrumentos e pesquisas com usuários. Ênfase em ergonomia, fatores humanos e abordagens e problemas de engenharia de sistemas sociotécnicos. Projeto de design obrigatório. ● Introduz os engenheiros a como projetar operações de manufatura e industrial nas quais as pessoas desempenham um papel significativo, de modo que as capacidades humanas sejam maximizadas, o estresse físico seja minimizado e a carga de trabalho seja otimizada. Exemplos e tópicos enfatizam aplicações industriais.
Alma Mater Studiorum Università di Bologna	Itália	Ergonomia	45h	Introdução à ergonomia; mecânica corporal no trabalho: avaliação de riscos e design; Design de local de trabalho centrado no usuário utilizando dados antropométricos; Trabalho estático: princípios para avaliação de riscos e design; Tarefas repetitivas: avaliação de riscos e design de tarefas; Design e avaliação de tarefas de manuseio manual
Tecnológico de Monterrey	México	Design do trabalho	45h	Analisar, projetar e/ou redesenhar sistemas de trabalho eficientes (manufatura e serviços), considerando os princípios de padronização de métodos de trabalho, ergonomia ocupacional, segurança e higiene ocupacional, tempos operacionais padrão, capacidade operacional e requisitos de pessoal e/ou máquinas.
Universitas Sumatera Utara	Indonésia	Ergonomia	30h	Ergonomia básica; Antropometria; Biomecânica; Fisiologia do trabalho; Trabalho em turnos e carga de trabalho; MSDs (distúrbios musculoesqueléticos) e fatores de risco; Análise de postura; Manuseio manual de materiais (MMH); Avaliação de riscos; Design do ambiente térmico; Ruído e vibração; Fator humano na iluminação; Introdução à macroergonomia; Intervenção ergonômica
Pennsylvania State University	Estados Unidos da América	Introdução a Análise do Trabalho	45h	Análise de trabalho, considerações cognitivas e físicas no design do trabalho, medição do trabalho. O curso expõe os alunos às ferramentas introdutórias básicas necessárias para analisar e projetar tanto o trabalho quanto o local de trabalho de maneira econômica, além de medir a produção resultante. Essas ferramentas incluem processamento de informações humanas, <i>displays</i> auditivos e visuais básicos, antropometria e princípios musculoesqueléticos, distúrbios de trauma cumulativo, medição do trabalho e estudo de tempo com cronômetro.

5. DA EMENTA DA DISCIPLINA ÀS COMPETÊNCIAS ESSENCIAIS

Conforme observado até este ponto, a organização de uma disciplina não está somente no conteúdo programático e nas estratégias de ensino. Investigar as diferentes competências essenciais para os estudantes desenvolverem é fundamental no planejamento da disciplina, de modo que as atividades de sala de aula propiciem um ambiente favorável ao seu aperfeiçoamento.

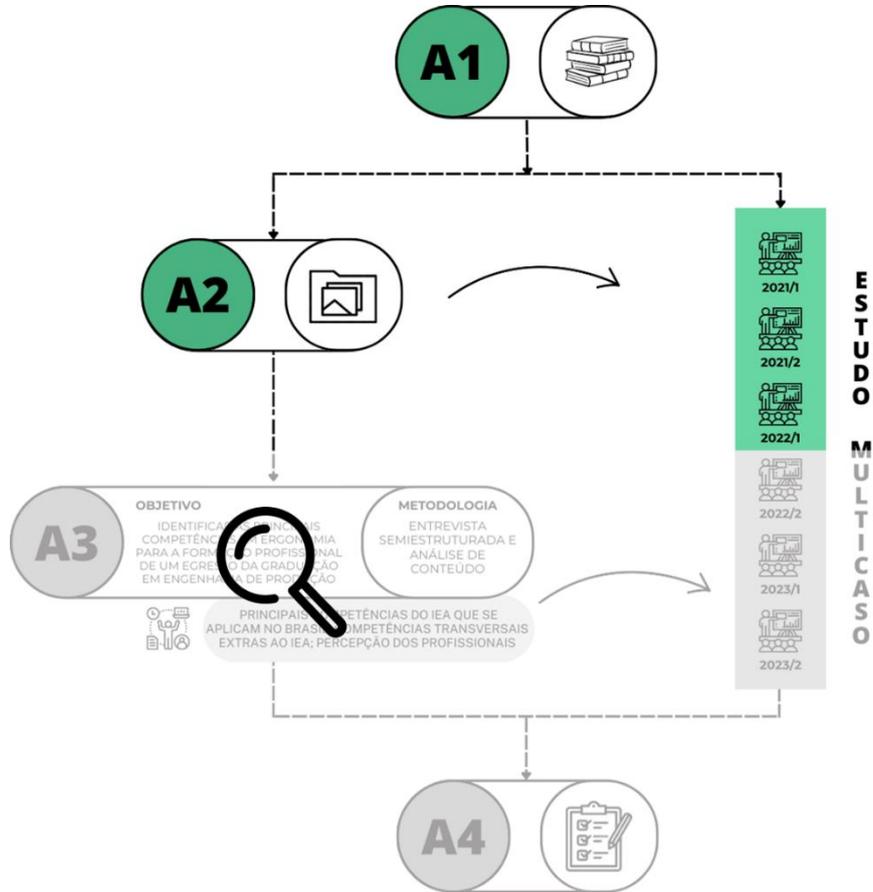
Durante a revisão da literatura, apresentada no capítulo 02, observou-se diferentes competências desenvolvidas a partir da utilização de estratégias de aprendizagem ativa. Já na investigação do panorama das disciplinas de ergonomia, apresentado no capítulo 04, buscou-se os conteúdos programáticos em disciplinas de ergonomia abordados em sala de aula. É importante destacar que existe uma variedade de tópicos abordados em disciplinas de ergonomia e uma ausência de padronização de um conteúdo programático mínimo, conforme visto no artigo 2. Um ponto essencial para a continuação da tese é o achado que mostra a baixa carga-horária da ergonomia em cursos de engenharia de produção (1 disciplina de 60h, apenas).

Desta maneira, no intuito de complementar o planejamento da disciplina iniciado pelos dois artigos anteriores, o próximo capítulo abordará uma investigação das principais competências esperadas para um profissional de ergonomia egresso de um curso de engenharia de produção. O ponto central do artigo está na identificação e na construção de um perfil esperado pelo mercado de trabalho para este profissional, elencando competências técnicas e transversais essenciais para sua atuação.

Embora a Associação Internacional de Ergonomia (IEA) tenha levantado 27 competências essenciais a um profissional de ergonomia, este número é por demais elevado e improvável de ser relacionado e desenvolvido nas disciplinas de ergonomia em cursos de graduação em engenharia de produção, tal como estão dispostas atualmente no Brasil. Deste modo, prioriza-las em ordem de importância, a partir da opinião de diferentes especialistas, garante aos professores e às IES subsídios para o planejamento de suas disciplinas, tanto em relação ao conteúdo quanto das atividades. A Figura 15 mostra a etapa atual

em que o estudo se encontra e quais os resultados esperados para o próximo capítulo.

Figura 15 – Complemento da etapa de planejamento



A visão do mercado de trabalho é outro ponto que deve ser priorizada, pois possui diferentes vieses e pode divergir da opinião do IEA ou de pesquisadores acadêmicos. Isto porque a realidade brasileira pode ser diferente da realidade de atuação profissional de ergonomistas europeus ou norte-americanos. As legislações trabalhistas e os sistemas produtivos, por exemplo, variam em função dos países que estão inseridos. Assim, é fundamental investigar diferentes percepções de profissionais brasileiros em ergonomia, buscando entender a realidade do país a partir de um consenso e corrigindo esta lacuna existente. O artigo três, portanto, busca evidenciar estas questões.

6. ARTIGO 03 – As competências em ergonomia na formação de engenheiros de produção: o perfil esperado por atuantes do mercado de trabalho

Italo Rodeghiero Neto ^a; Fernando Gonçalves Amaral ^b

^a Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, UFRGS – italorneto@gmail.com

^b Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, UFRGS – amaral@producao.ufrgs.br

Resumo

As competências de ergonomia que um profissional deve desenvolver para ter uma boa atuação no mercado de trabalho são importantes de serem identificadas. Diferentes normas e diretrizes trazem exemplos destas competências, mas se desconhece um estudo que demonstre quais são as essenciais para este profissional originado de um curso de engenharia de produção. Portanto, o objetivo deste artigo foi identificar as principais competências em ergonomia para a formação profissional de um egresso da graduação em engenharia de produção. Para isto, foram conduzidas trinta entrevistas semiestruturadas com diferentes profissionais responsáveis pelo ensino e avaliação destes profissionais, que possuem relação na atuação de um profissional egresso de engenharia de produção. Com a utilização de documentos e normas, como as Diretrizes Curriculares Nacionais da Engenharia e o *Core Competencies* da Associação Internacional de Ergonomia, comparativos foram feitos, no intuito de priorizar as principais competências. Os resultados desta pesquisa mostraram uma série de competências técnicas e transversais da ergonomia que um profissional egresso de um curso de engenharia de produção deve desenvolver para atender as expectativas do mercado de trabalho. Como contribuição prática e acadêmica, foi possível desenvolver um perfil esperado de competências essenciais, vinculadas à ergonomia, para um profissional egresso de um curso de engenharia de produção. Ao todo, seis proposições foram constatadas a partir dos resultados das entrevistas realizadas.

Palavras-chave: Competências técnicas, competências transversais, profissional de ergonomia, engenharia de produção, entrevista semiestruturada.

6.1 INTRODUÇÃO

A atuação de um profissional de ergonomia e sua presença no mercado de trabalho podem melhorar diferentes sistemas produtivos (Lowe et al., 2019). Este trabalhador especializado realiza atividades relacionadas à adequação das situações de trabalho, tendo em vista a percepção do trabalhador para garantir o máximo conforto e produtividade (IEA, 2021; Dul et al., 2012). Suas principais atuações estão na avaliação da carga de trabalho, na organização do trabalho, no design de produto, nas investigações psicossociais e na prevenção de Distúrbio Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) (Sánchez, 2014; Thatcher et al., 2017; Neumann e Dul, 2010). Apenas no ano de 2024 que a profissão certificada e reconhecida de ergonomista foi reconhecida no Brasil (Brasil, 2024) e, desta forma, as empresas ainda não percebem os benefícios destes profissionais no meio laboral.

A presença de um profissional de ergonomia pode trazer diferentes benefícios para um sistema, pois o aumento no conforto e incentivo sobre o trabalhador leva a um consequente aumento da produtividade e da qualidade. A qualidade citada está associada ao bem-estar do ambiente laboral, a partir da opinião e da diversificação da percepção de todos os trabalhadores, mas também do produto/serviço desenvolvido (Guimarães et al., 2019; Wilson, 2014). Para isto, a prática de um ergonomista demanda, assim como de qualquer profissional, o desenvolvimento de competências (Caple, 2010; Read et al., 2022).

Para este estudo o conceito de competência encontra suas bases em Passow (2012), onde são definidas como “conhecimentos, habilidades, atitudes e outras características que permitem um desempenho habilidoso em situações complexas e incertas, como trabalho profissional e vida pessoal”. Santos et al. (2017) e Lange et al. (2022) complementam como uma capacidade complexa de identificar, selecionar e combinar recursos para realizar uma atividade, resolver um problema ou comandar um projeto.

Uma classificação importante encontra-se na divisão entre competências técnicas e transversais. As competências técnicas, conhecidas como *hard skills*, são traduzidas pelo conhecimento técnico adquirido pela formação ou

experiência em determinada área (Santos et al., 2017). Já as competências transversais, conhecidas como *soft skills*, são capacidades individuais relacionadas às atitudes comportamentais e ao relacionamento interpessoal (Moura e Zotes, 2015; Lima et al., 2017). Mesmo tendo diferentes classificações, atualmente as competências técnicas e transversais não são mais dissociadas por autores e associações (Cordeiro et al., 2020).

Em 2021, a Associação Internacional de Ergonomia (IEA) lançou uma versão atualizada do documento denominado *Core Competencies* (IEA, 2021). Este documento traz 27 competências que um profissional em ergonomia desenvolve ao longo de sua formação. Porém, também ressalta que não é necessário que todas estas sejam desenvolvidas ao longo do processo de formação (Tey e Graf, 2018). Dividida em sete unidades, estas competências destacam diferentes vertentes que um profissional atua ao longo de sua formação, mostrando às empresas o desempenho do ergonomista e servindo como base para a construção de certificações (Smith, 2012; Oakman et al., 2020). Um resumo destas competências pode ser visto na Figura 16.

Figura 16 – Competências do *Core Competencies* em ergonomia



Fonte: Adaptado de IEA (2021)

No Brasil, a ergonomia também é baseada pelas competências descritas nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) das engenharias, criadas pelo Ministério da Educação (MEC). Liderança, gestão estratégica, autonomia em aprender e planejamento são competências essenciais a um profissional, visando aumentar a produtividade e ampliar o crescimento econômico atual e futuro (Cordeiro et al., 2020). Destaca-se também a formação mais humanística, desenvolvendo no profissional a preocupação e sua responsabilidade com pessoas (Brasil, 2019).

Além das competências citadas, a literatura apresenta outras *soft skills* que são desenvolvidas em estudantes a partir de uma aprendizagem ativa. O trabalho em equipe (Colim et al., 2022), a responsabilidade social (Gutiérrez-Martínez et al., 2021), o pensamento crítico e sistêmico (Zaharim et al., 2012; Hayes et al., 2021), a motivação (Gumasing e Castro, 2023) e a tomada de decisão (Magana et al., 2022) são exemplos de competências essenciais a um profissional de ergonomia. Devido ao seu caráter prático em propor e realizar mudanças considerando a percepção do trabalhador, é essencial que um profissional da área de engenharia de produção também desenvolva estas competências transversais.

Diante das diversas de competências necessárias e destacadas vinculadas aos saberes da ergonomia, se faz imprescindível levantar as essenciais para a atuação no mercado, tal como indica Passow (2012). Entretanto, para um profissional de ergonomia, existe uma lacuna na ausência de priorização para o desenvolvimento das mais relevantes. Projetar um currículo em uma Instituição de Ensino Superior (IES) para preparar profissionais em uma das áreas da Saúde e Segurança Ocupacional (SSO) é complexo, visto a multidisciplinaridade e a quantidade de competências (Wybo e Wassenhove, 2016).

A falta de prioridade é um problema, principalmente pelo pouco espaço de inserção da ergonomia nos principais cursos de graduação em geral (Moody, 2011; Newcomer, 2005), fazendo com que haja pouco tempo hábil para trabalhar todas elas em sala de aula. Portanto, é difícil que todas as competências listadas para um profissional de ergonomia sejam desenvolvidas, estas são intrínsecas

à localidade e ao perfil profissional evidenciando assim um papel importante (Oakman, et al., 2020).

Entender também a demanda do mercado de trabalho deste profissional é fundamental, sendo em âmbito acadêmico ou prático (Borchardt et al., 2009; Santos et al., 2017). Isto permite que as IES proponham currículos e planos de ensino que atendam às necessidades da região quanto aos profissionais da área, mas atendendo o que é requisitado pelo mercado de trabalho, desenvolvendo não somente o conteúdo, mas competências profissionais (Bressan et al., 2016). As empresas também desconhecem como é a atuação do profissional em ergonomia, em termos de segmento ou setor em que trabalha, bem como este poderia melhorar a estrutura do sistema produtivo. Ao tornar este fato evidente, pode-se contribuir com as empresas proporcionando o conhecimento de um ambiente mais qualificado, que transforma sistemas produtivos em função da ergonomia participativa (Guimarães et al., 2015; Tappin et al., 2016).

Recentes estudos na área de SSO (Lange et al., 2022; Antonio et al., 2013; Oakman et al., 2020; Read et al., 2022) e na área de Engenharia de Produção (Cordeiro et al., 2020; Santos et al., 2017; Lima et al., 2017) demonstram a importância de investigar e levantar competências essenciais para os profissionais. Porém, além disso, é essencial entender em qual momento este profissional deve desenvolver as competências aliadas à sua atividade (Salas et al., 2012; Bressan et al., 2016; Hardison et al., 2014) e as estratégias de ensino mais indicadas para isto (Dukhan et al., 2008; Gumasing e Castro, 2023).

Considerando a formação de um engenheiro de produção e as competências oriundas da ergonomia, percebe-se a importância da interface entre as duas formações. Neste caso, a ergonomia pode fornecer uma abordagem que contemple a melhoria do sistema produtivo com o foco nos trabalhadores, desenvolvendo todas as competências requisitadas pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2023). Além disto, pela ergonomia, os estudantes da área podem desenvolver suas competências de forma mais

humanística incluindo a observação da responsabilidade social, conforme demandado pelas DCN brasileiras da engenharia (Brasil, 2019).

Assim, se faz necessária a investigação para entender quais competências estão relacionadas entre a ergonomia e a engenharia de produção, visto a série de competências complexas para o exercício profissional demandadas nestas áreas (Wybo e Wassenhove, 2016). Além disso, é necessário descrever quais competências são essenciais a estes profissionais (Oakman et al., 2020), levando em consideração que as competências de ergonomia descritas pelo IEA não são todas essenciais para a formação de um engenheiro de produção, mesmo que este atue em ergonomia.

Sendo assim, o objetivo deste artigo foi identificar as principais competências em ergonomia para a formação profissional de um egresso da graduação em engenharia de produção. Para este levantamento, uma análise de competências técnicas e transversais foi realizada com diferentes percepções de professores, pesquisadores acadêmicos e profissionais atuantes na área da ergonomia. Isto permitirá responder a seguinte questão de pesquisa: *Qual o perfil esperado de um profissional egresso de cursos de engenharia de produção com competências de ergonomia?* Para fins deste artigo, considera-se o profissional de ergonomia um egresso em engenharia de produção como formação com competências em ergonomia e que, atualmente, atue na área da ergonomia.

6.2 METODOLOGIA

Este estudo traz uma abordagem qualitativa e exploratória a partir da realização de entrevistas semiestruturadas. Este procedimento permite levantar informações de modo aprofundado sobre o tema proposto sobre um elemento novo inserido em um determinado cenário, podendo ainda adaptar as perguntas ao longo do processo pelas respostas fornecidas (Biggs et al., 2013; Trakulsunti et al., 2024). Um instrumento de pesquisa em forma de roteiro, baseado nas etapas de Ribeiro e Milan (2004), foi construído para guiar a coleta dos dados e é mostrado no Apêndice D.

O instrumento foi dividido em três etapas: (i) a etapa inicial, onde é explicado sobre a pesquisa, solicitado a participação na pesquisa e investigada a experiência do participante na área da ergonomia; (ii) a etapa central, onde são questionadas as competências essenciais ao profissional, quando devem ser desenvolvidas e os impactos que cada uma tem no mercado de trabalho e, (iii) a etapa resumo, onde os entrevistados são instigados a desenvolver um perfil esperado para o profissional. Os roteiros em entrevistas semiestruturadas permitem que um guia seja construído, fazendo com que todos os pontos necessários sejam coletados.

A seleção dos sujeitos para a participação das entrevistas buscou abranger diferentes ocupações relacionadas ao profissional de ergonomia e egresso de engenharia de produção. A escolha foi pautada no intuito de contemplar aqueles profissionais relacionados à ergonomia que atuam, ensinam, auditam e pesquisam sobre a área. Isto permite a coleta de diferentes perspectivas e atender a questões de rigor metodológico em análises qualitativas (Qureshi et al., 2022; Tracy, 2010). Além destas características, os participantes selecionados devem ter no mínimo três anos de experiência nas áreas de ergonomia e engenharia de produção.

Uma amostra com 30 participantes foi selecionada para esta pesquisa. As principais ocupações dos entrevistados contemplam professores universitários de ergonomia, estudantes de pós-graduação (mestrado e doutorado) com temas de pesquisa em ergonomia, Auditores Fiscais do Trabalho (AFT), profissionais consultores na área de ergonomia e pesquisadores da Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO). O Quadro 05 mostra as principais características destes participantes, com o tempo de experiência em anos.

Quadro 05 – Caracterização da amostra de entrevistados

	ALUNO	PROFESSOR	AFT	PROFISSIONAL	PESQUISADOR	EXPERIÊNCIA
E1	●				●	5 - 10
E2	●					5 - 10
E3	●					3 - 5
E4	●					5 - 10
E5	●					5 - 10
E6	●	●				5 - 10
E7	●	●				5 - 10
E8		●				5 - 10
E9		●				5 - 10
E10		●				5 - 10
E11		●				5 - 10
E12		●				5 - 10
E13		●			●	10+
E14		●			●	5 - 10
E15	●		●			10+
E16	●		●			5 - 10
E17	●		●			10+
E18	●		●			10+
E19	●		●			10+
E20	●		●			10+
E21	●		●			10+
E22		●			●	10+
E23		●			●	5 - 10
E24	●	●			●	5 - 10
E25		●			●	10+
E26		●		●		5 - 10
E27	●			●		5 - 10
E28	●			●		3 - 5
E29	●			●		3 - 5
E30				●		3 - 5

Durante a coleta de informações, a quantidade de entrevistas foi cessada no momento em que foi constatada a saturação de dados qualitativos (Hennink e Kaiser, 2022). Cada entrevista teve duração de aproximadamente uma hora. Os dados levantados foram transcritos em sua totalidade, para contemplar uma análise melhor e mais completa. Para isto, uma análise de conteúdo foi realizada, visto a forma de avaliar dados qualitativos, podendo quantificar e analisar a presença, os significados e as relações de diferentes conceitos (Gao et al., 2018; Brunoro et al., 2020). Esta quantificação foi utilizada para a construção do perfil do engenheiro de produção, a respeito das características do desenvolvimento de suas competências em ergonomia.

O resultado originado da análise de conteúdo das entrevistas foi confrontado com as nove classificações observadas no Artigo 02 (capítulo 4, página 99) e com o *Core Competencies* (IEA, 2021), a Norma Regulamentadora 17 (Brasil, 2023) e as DCN da engenharia (Brasil, 2019). O comparativo foi analisado para entender se estas normas recomendam a inserção desta competência no ensino da ergonomia, buscando identificar as semelhanças entre estes documentos.

Por fim, um agrupamento de competências com definições e relações foi gerado, construindo um perfil padrão para um profissional de engenharia de produção com as competências de ergonomia. Em complemento, diferentes proposições de pesquisas futuras foram construídas a partir das análises das entrevistas.

6.3 RESULTADOS

6.3.1 As competências técnicas essenciais em ergonomia

As competências técnicas de ergonomia essenciais a um profissional de engenharia de produção foram descritas em 34 formas distintas. Neste caso, as principais definições relacionadas à conceituação geral da ergonomia foram citadas na maior parte das entrevistas (66%). Os participantes enfatizaram a importância de os profissionais entenderem que a ergonomia possui normas e leis a serem aplicadas no mercado de trabalho, projetando o trabalhador como sendo a preocupação principal e alvo das análises e ações das melhorias das condições de trabalho. Desta forma, o profissional mostrará aos demais a importância de adaptar o trabalho ao trabalhador, e nunca o contrário.

De maneira análoga à conceituação geral, os entrevistados acreditam que os profissionais precisam compreender que a ergonomia é uma área multidisciplinar, abrangendo seu histórico e avanços durante os anos. É necessário que os profissionais em ergonomia possam entender e mostrar aos demais as consequências da ausência de análises do trabalho à gerência, bem como possuir um olhar com foco na ergonomia sensível às situações de trabalho que ocorrem em diferentes sistemas. Por fim, os entrevistados defendem que os

profissionais devem entender sobre os princípios da ergonomia e suas três dimensões principais (física, cognitiva e organizacional).

Estas três dimensões da ergonomia foram citadas no mesmo número de entrevistas. Compreender os conceitos de ergonomia física (41%), ao aplicar e analisar aspectos relacionados à fisiologia do trabalho, biomecânica ocupacional e antropometria foram os principais quesitos destacados. Além disto, nesta mesma categorização, o conhecimento das ferramentas de análise postural como RULA, REBA, OWAS, NIOSH e OCRA e a investigação da carga de trabalho física dos trabalhadores foram destacadas nas entrevistas.

Entender os conceitos de ergonomia cognitiva (41%) também foi relatado pelos participantes das entrevistas. A preocupação atual com a saúde mental e sua avaliação deve ser explorada pelos profissionais de ergonomia, entendendo os riscos psicossociais os quais os trabalhadores são expostos. O entendimento da psicologia do trabalho também foi destacado pelos entrevistados.

Em relação ao conhecimento de ergonomia organizacional e sua aplicação (41%) foi evidenciado pelos trabalhadores a partir de diferentes quesitos. Compreender que os sistemas são dinâmicos e conseguir modelá-los e mapeá-los deve fazer parte das competências técnicas dos profissionais de ergonomia. Para os entrevistados, a gestão em ergonomia, relacionada à produtividade e ao arranjo físico também deve ser compreendida pelos profissionais da área.

Utilizar a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) como metodologia para a avaliação das condições e dos ambientes de trabalho foi destacado por 60% dos entrevistados. Para estes participantes, a compreensão da análise da atividade como investigação de problemas no sistema produtivo é necessária para os profissionais de ergonomia. Para isto, saber utilizar a observação do trabalho e as verbalizações dos trabalhadores garante uma aplicação completa da AET.

Por fim, algumas outras competências necessárias ao profissional de ergonomia foram destacadas nas entrevistas. Implementar e analisar soluções de melhoria a partir de projetos participativos em ergonomia é necessário ao profissional, bem como o entendimento de inovação e tecnologia. Questões relacionadas à segurança do trabalho, como o conhecimento de espaços de segurança dentro

de empresas (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho – SESMT, Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA), atividades de precaução e prevenção, bem como aspectos relacionados aos primeiros socorros foram destacados pelos entrevistados.

6.3.2 As competências transversais essenciais em ergonomia

Cerca de 23 competências transversais em ergonomia foram citadas pelos entrevistados como essenciais a um profissional de engenharia de produção. Estas competências são aquelas vinculadas ao comportamento do trabalhador e que podem ser desenvolvidas em disciplinas de ergonomia. O trabalho em equipe (60%) foi a competência transversal mais destacada. Para eles, é indispensável que um profissional desta área tenha um bom relacionamento com as pessoas e saiba trabalhar entre diferentes equipes e níveis hierárquicos da empresa. De maneira análoga foi constatada a liderança, pois os profissionais de ergonomia vão gerir equipes e precisam demonstrar um comportamento respeitoso nos ambientes de trabalho.

Além disso, a comunicação (52%) é imprescindível para um profissional de ergonomia. Isto porque a área exige uma habilidade de compreender e ouvir com humildade o que os trabalhadores realizam diariamente e demandam como melhoria de seu conforto. Da mesma forma, é preciso saber se comunicar com os diretores da empresa, no intuito de expor as situações de trabalho e as possíveis melhorias a serem implementadas, convencendo-os sempre que necessário. A habilidade de comunicação foi descrita pelos participantes na forma verbal, a partir de reuniões e verbalizações de trabalho, bem como na forma escrita a partir de relatórios e de perícias.

Em relação à escuta do trabalhador, foi destacado pelos entrevistados que os profissionais de ergonomia precisam desenvolver a empatia (21%). Saber acolher o que o trabalhador expõe sobre as suas limitações para a realização de um trabalho confortável é necessário, buscando eliminar qualquer tipo de segregação e/ou preconceito entre a equipe de trabalho. Desta maneira, um profissional de ergonomia deve seguir a ética e possuir responsabilidade social

com os trabalhadores que são avaliados, desenvolvendo proposições adequadas aos sistemas produtivos.

As competências relacionadas ao pensamento crítico, analítico e sistêmico (45%) foram citadas por diferentes entrevistados. Um profissional de ergonomia precisa analisar e entender como um sistema produtivo acontece para investigar os problemas que ali ocorrem. De forma análoga, ao realizar uma análise crítica, o profissional precisa entender o contexto de maneira holística, investigando os processos anteriores e posteriores à etapa avaliada. Sendo assim, a observação deste profissional precisa ser desenvolvida, garantindo uma análise completa e que produza soluções de melhoria coerentes.

Os profissionais de ergonomia, na opinião dos entrevistados, precisam desenvolver a competência de proposição de melhorias (21%) de acordo com os problemas identificados. A criatividade é o principal fator no momento do desenvolvimento da melhoria, mas é preciso entender sobre as soluções plausíveis de serem aplicadas para cada segmento de empresa. É necessário a um profissional de ergonomia entender sobre como gerenciar estes projetos de melhoria, além de acompanhá-los durante sua execução para identificar se os problemas foram corrigidos completamente.

Por fim, segundo os entrevistados, os profissionais de ergonomia devem ser proativos, com inteligência emocional desenvolvida e atentos às tendências do mercado em relação a tecnologia e a gestão financeira. A busca do atendimento de leis e normas e o entendimento da hierarquia da empresa também devem ser desenvolvidos ao longo da formação do profissional de ergonomia.

6.3.3 Características do ensino das competências em ergonomia

Grande parte dos entrevistados defendem que a universidade é a responsável por ensinar as competências técnicas e transversais de ergonomia aos profissionais de engenharia de produção. Desta maneira, é de responsabilidade do professor garantir um ambiente propício para o desenvolvimento destas competências, a partir de disciplinas de ergonomia. Ainda assim, alguns entrevistados garantem que os profissionais de ergonomia podem desenvolver determinadas competências em outros ambientes externos à sala de aula:

projetos de pesquisa e extensão, empresas juniores, atividades práticas extras às disciplinas e em estágios curriculares.

Por unanimidade, o momento em que estas competências devem ser ensinadas também foi apresentado como sendo a partir da metade do curso. Os entrevistados acreditam que o ciclo básico da engenharia (disciplinas iniciais de cálculo, física e desenho) precisa ser vencido antes de se ensinar ergonomia. Isto deve-se principalmente ao foco do aluno: neste período inicial, os estudantes podem focar suas atenções às disciplinas específicas. Portanto, a recomendação é que as disciplinas de ergonomia estejam alocadas entre o quinto e o sétimo semestre.

Por fim, quanto à estratégia de ensino destas competências, os entrevistados na sua totalidade defendem que os conceitos devem ser desenvolvidos de maneira prática. As atividades práticas e dinâmicas em sala de aula, ou em parceria com diferentes empresas, fazem com que os alunos exercitem os conteúdos ensinados a partir de problemas propostos durante as aulas. É válido destacar que 70% dos entrevistados acreditam que deve existir um balanceamento entre as aulas teóricas expositivas e as práticas que exercitem a teoria ensinada.

As estratégias de aprendizagem ativa foram citadas nas entrevistas. Entre os entrevistados, 45% deles acreditam que este estilo de aprendizagem traz benefícios para o desenvolvimento de competências técnicas e transversais de maneira duradoura. *Problem-based Learning*, *Project-based Learning*, *Gamification* e estudos de caso foram as estratégias de aprendizagem ativa mais citadas pelos entrevistados.

6.3.4 Impactos da ausência de competências essenciais em ergonomia

Os impactos gerados pela ausência das competências essenciais em ergonomia a um engenheiro de produção, listados pelos entrevistados, foram divididos em três categorias principais. A primeira delas trata acerca dos impactos relacionados ao sistema de trabalho em que este profissional pode atuar. A falta das competências trazidas resulta em uma redução da qualidade do trabalho desenvolvido, seja pela deficiência da resolução de problemas ou mesmo pelo projeto raso, que demanda retrabalhos para alcançar seus objetivos.

Da mesma forma, a implementação de melhorias não será efetiva para a correção dos problemas, o que pode reproduzir o tecnocentrismo – que entende que a correção do sistema se dá apenas pela inserção da tecnologia. Em nível jurídico, a empresa pode sofrer por multas, indenizações e responsabilizações pela deficiência de competências em profissionais de ergonomia. Neste meio, a empresa deverá propor estratégias para desenvolver o conhecimento no profissional de ergonomia, pois este pode contribuir para a redução dos lucros, comprometer quesitos financeiros e afetar a imagem da empresa.

Os entrevistados acreditam que a ausência de competências essenciais pode trazer dificuldades na sua inserção no mercado de trabalho. Os impactos podem estar atrelados a dificuldade de continuar na empresa de atuação, bem como na sua ascensão a outros cargos pela falta de competências socioemocionais e técnicas na proposição de melhorias. Para os entrevistados, a deficiência das competências pode provocar uma falta de humildade do profissional, possuindo uma atuação limitada e uma postura hierárquica e autoritária.

Pela atuação limitada, os profissionais de ergonomia podem não identificar os problemas devido à falta de observação do sistema, pela não compreensão do processo ou ainda pela falta de sensibilidade aos fatores humanos da empresa. A falta de análise crítica e a dificuldade de comunicação dos problemas podem acarretar em adversidades à empresa, gerando as consequências já relatadas.

Por fim, os entrevistados reconhecem que a deficiência no desenvolvimento das competências essenciais a um profissional de ergonomia pode gerar impactos relacionados aos trabalhadores das empresas em que estão alocados. Ao não conseguir resolver os problemas do sistema produtivo, os trabalhadores estão expostos a acidentes de trabalho e patologias como DORT.

A ausência de comunicação dos trabalhadores com a gestão de ergonomia pode gerar uma frustração do trabalhador. Isto pode acarretar em uma falta de confiança para as sugestões dos profissionais de ergonomia, bem como uma deficiência para uma ergonomia participativa. Desta maneira, as melhorias realizadas pelos profissionais de ergonomia podem dificultar o aumento da qualidade e da eficiência do sistema em que o trabalhador está alocado.

6.3.5 O perfil esperado do profissional de ergonomia

Após as perguntas gerais de competências em ergonomia para um profissional egresso de um curso de engenharia de produção, os entrevistados buscaram descrever o perfil esperado pelo mercado de trabalho. Inicialmente, o profissional deve ter um conhecimento específico sobre a área de SSO, de maneira técnica e multidisciplinar. Em complemento, este profissional deve entender aspectos de engenharia de produção e gestão. Para isto, é necessário saber fazer uma ponte entre a SSO e a engenharia de produção ao propor solução de problemas de ergonomia pelo uso de ferramentas de análise, tecnologia, normas e legislações. Este profissional deve buscar o objetivo de aumentar a produtividade, a qualidade e o conforto com um olhar prioritário no fator humano para a situação.

Em relação ao comportamento em meio ocupacional, a comunicação efetiva com os times, trabalhadores e com os superiores foi o ponto mais destacado pelos entrevistados. Características como empatia, proatividade, humildade e responsabilidade complementam a comunicação em relação as competências transversais. A comunicação escrita também foi citada como essencial, visto que a demonstração das análises e implementações devem expressar de maneira clara à empresa, aos trabalhadores e aos auditores e fiscais do trabalho.

De acordo com os entrevistados, as competências essenciais deste perfil são complementadas pela influência interpessoal, o equilíbrio emocional e a habilidade de enfrentar adequadamente situações difíceis. Destacam-se, entre as maneiras de lidar com o trabalho, os pensamentos sistêmico, crítico, analítico e criativo. Quanto à liderança, o profissional deve saber gerir equipes, mostrando a todas as partes interessadas a sua percepção e ações de correção.

Por fim, segundo os entrevistados, o perfil do profissional de ergonomia egresso de cursos de engenharia de produção esperado pelo mercado atual deve conhecer todas as etapas de uma solução de melhoria: identificação, coleta, análise, proposição, implementação e verificação. Todas estas etapas garantem que as mudanças propostas pela ergonomia sejam aplicadas de maneira correta, trazendo o benefício para todas as partes envolvidas.

6.4 DISCUSSÃO

A literatura apresenta diferentes trabalhos que analisam as competências essenciais para os profissionais de ergonomia (Lange et al., 2022; Antonio et al., 2013; Wu, 2011; Read et al., 2022). Estes trabalhos, realizados em países como Austrália, Taiwan e Reino Unido, relatam que as competências essenciais para os profissionais de ergonomia em suas respectivas regiões são comunicação, desenvolvimento de soluções, negociação e domínio em procedimentos de emergência. No Brasil, entretanto, se desconhece trabalhos semelhantes.

Neste artigo diferentes profissionais com experiência na área de ergonomia opinaram sobre as competências essenciais para desempenhar suas atividades no Brasil. Considerando um profissional como um egresso de engenharia de produção, estas competências técnicas e transversais foram descritas e agrupadas de acordo com a sua similaridade, onde a investigação mostrou como e em que momento elas devem ser desenvolvidas, bem como seus impactos no desenvolvimento incompleto destas.

Desta forma, é importante constatar se as disciplinas de ergonomia, em cursos de engenharia de produção, atendem a essa demanda descrita pelo mercado sob diferentes vieses (Naeini e Mosaddad, 2013; Theberge e Neumann, 2010). Isto é importante para as IES e associações certificadas da área, de modo que as mesmas se atualizam para o que se esperar do profissional da atualidade (Dul et al., 2012). Sabe-se que a ergonomia possui uma maior carga horária em cursos de Engenharia de Produção (Paravizo et al., 2021; Bittencourt et al., 2022) e, assim, é válido investigar a situação das disciplinas deste curso para compreender se as diferentes competências estão sendo ensinadas.

Proposição 01

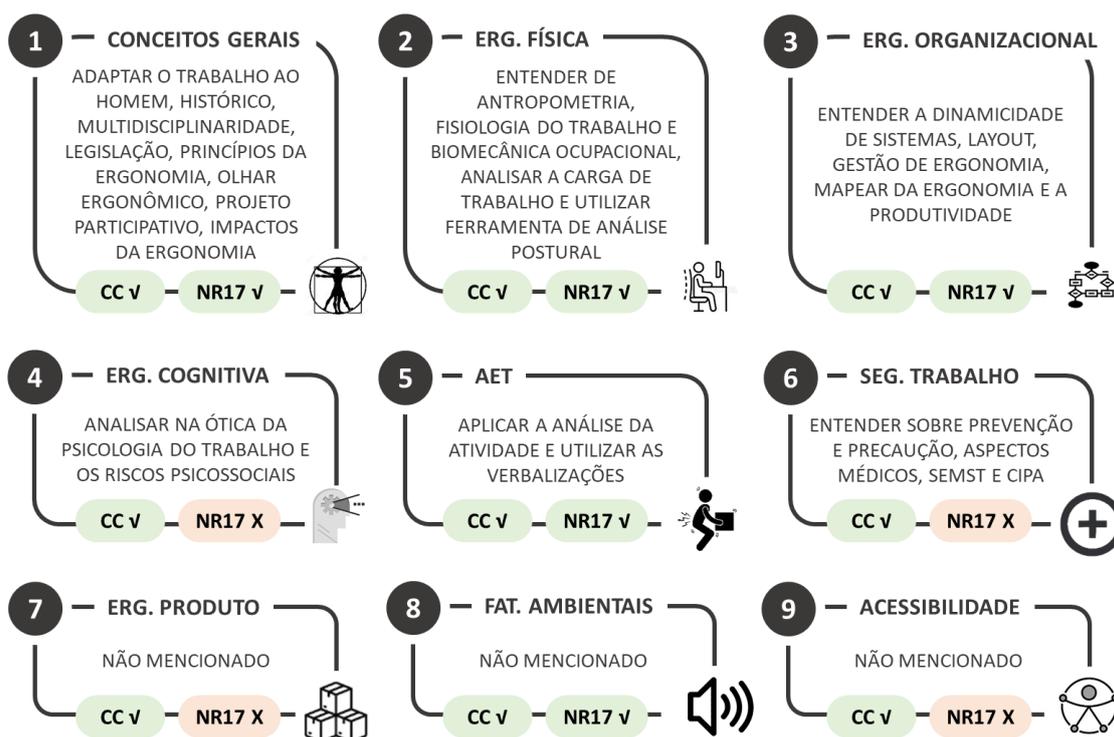
As competências essenciais a um profissional de ergonomia são ensinadas em cursos de Engenharia de Produção.

Dentre as competências essenciais destacadas neste estudo, as técnicas são aquelas que estão atreladas ao conhecimento científico relacionado à profissão (Santos et al., 2017). Atualmente, diferentes documentos buscam apresentar

quais são as competências que um profissional de ergonomia egresso de um curso de engenharia de produção, como a NR17, o *Core Competencies* e as DCN da engenharia (Brasil, 2022; IEA, 2021; Brasil, 2018). Estas normas e certificações servem como base para a criação de cursos e auditorias de diferentes situações de trabalho (Oakman et al., 2020).

No segundo artigo desta tese, é apresentada uma classificação com as nove principais categorias da ergonomia que são ensinadas atualmente (capítulo 04, página 99). Tendo esta base como análise, os entrevistados citaram competências relacionadas a seis categorias, que foram agrupadas nas categorias correspondentes. A Figura 17 mostra este agrupamento, além de um comparativo com as competências descritas na Norma Regulamentadora 17 (NR17) e no *Core Competencies* do IEA (CC IEA).

Figura 17 – Comparativo de competências técnicas da pesquisa



Como esperado, é essencial que um profissional engenheiro de produção compreenda os conceitos gerais da ergonomia para desempenhar as atividades em meio acadêmico. Para realizar a comunicação entre as diferentes hierarquias

de uma empresa, este profissional precisa explicar e defender estes conceitos didaticamente. Isto garante o apoio de diferentes trabalhadores para a solução dos problemas, implementação e a adequação do trabalho (Hansen et al., 2024).

A ergonomia física é a dimensão mais clássica da ergonomia, em que avaliações são realizadas com base em conhecimentos da fisiologia do trabalho, biomecânica ocupacional e antropometria (Sun et al., 2019; Caputo et al., 2019). A carga de trabalho física é uma das avaliações mais realizadas pelos profissionais, por meio de análises de esforço, postura, repetitividade, força e deslocamento (Kadir et al., 2019; Macdonald e Oakman, 2022). Estes são os principais fatores que podem gerar DORT: distúrbios estes que os profissionais de ergonomia buscam reduzir ao máximo (Guimarães et al., 2015; Punchihewa e Gyi, 2015).

A compreensão da ergonomia organizacional é a dimensão que mais se assemelha ao curso de engenharia de produção. Para a contribuição da macroergonomia, é indispensável o conhecimento de sistemas, gestão e mapeamento (Broberg, 2007). As análises e proposições de melhoria realizadas pelos profissionais devem considerar todas as etapas do processo produtivo, evidenciando também a ergonomia participativa (Cervai e Polo, 2018).

A compreensão da ergonomia cognitiva e suas vertentes foi defendida pelos entrevistados a partir da psicologia do trabalho e dos riscos psicossociais, mas não é mencionada na NR17. Argumentada no CC IEA, esta dimensão da ergonomia contribui para as análises atuais da ergonomia, onde precisa-se investigar conceitos da carga de trabalho mental e multitarefas (Franssila et al., 2015), evitando problemas como Burnout e estresse (Farias e Ferreira, 2024).

No contexto brasileiro, entender como aplicar uma AET é indispensável a um profissional de ergonomia egresso de engenharia de produção. Esta é a principal metodologia para a análise da atividade do trabalhador, que geram contribuições para a mudanças no posto de trabalho e no sistema produtivo (Pizo e Menegon, 2010). Regulada pela NR17, a AET é mencionada no CC IEA a partir de abordagens holísticas e sistemáticas para a análise de organização do trabalho. Pela sua padronização, a aplicação de uma AET fornece soluções coerentes ao

sistema, pautada também na percepção do trabalhador (Araujo et al., 2018; Gonçalves et al., 2021).

O conhecimento de aspectos básicos relacionados à segurança do trabalho, como a prevenção de acidentes e as equipes de segurança dentro da organização (SESMT e CIPA), é importante para o profissional de ergonomia egresso de um curso de engenharia de produção, devido à sua atuação multidisciplinar (Vilela et al., 2012; Emmatty e Panicker, 2019; Arciniega-Rocha et al., 2023). Embora a NR17 não traga estas competências, o CC IEA descreve a importância desta interrelação em ambientes de trabalho para garantir a prevenção de acidentes em áreas e tarefas de alto risco.

Embora destacado nos documentos analisados, os fatores físicos ambientais não foram mencionados como essenciais pelos entrevistados. É válido destacar, ainda, que em todas as situações de trabalho pode-se avaliar as questões vinculadas ao conforto e aos fatores físicos ambientais, contribuindo para o bem-estar laboral e produtividade do trabalhador (Hanson, 2013; Ricciardi e Buratti, 2018; Dong et al., 2021). Já a ergonomia do produto, sendo destacada no CC IEA a partir de estudos de *design* e usabilidade, e a acessibilidade, descrita por conceitos de diversidade humana e desenho universal, não são citadas na NR17 e nem pelos entrevistados.

Paralelas às discussões apresentadas, as estratégias de aprendizagem ativa são consideradas na literatura como a melhor forma de desenvolver competências em meio acadêmico (Cerezo-Narváez et al., 2019; Lima et al., 2024). Em relação às entrevistas, a opinião dos participantes corroborou com o que é mostrado nos trabalhos atuais. Pesquisas com o uso de estratégias de aprendizagem ativa em instituições de ensino superior são demandadas na literatura (Qiu e Natarajathinam, 2023).

Ao se tratar de disciplinas de SSO, tal como as de ergonomia, recomenda-se o uso destas estratégias de aprendizagem ativa (Page e Stanley, 2014; Colim et al., 2022), pois assemelham-se às práticas vivenciadas no mercado que podem ser facilmente adaptadas para sala de aula. Desta maneira, é importante investigar se as competências técnicas descritas pelos entrevistados podem ser

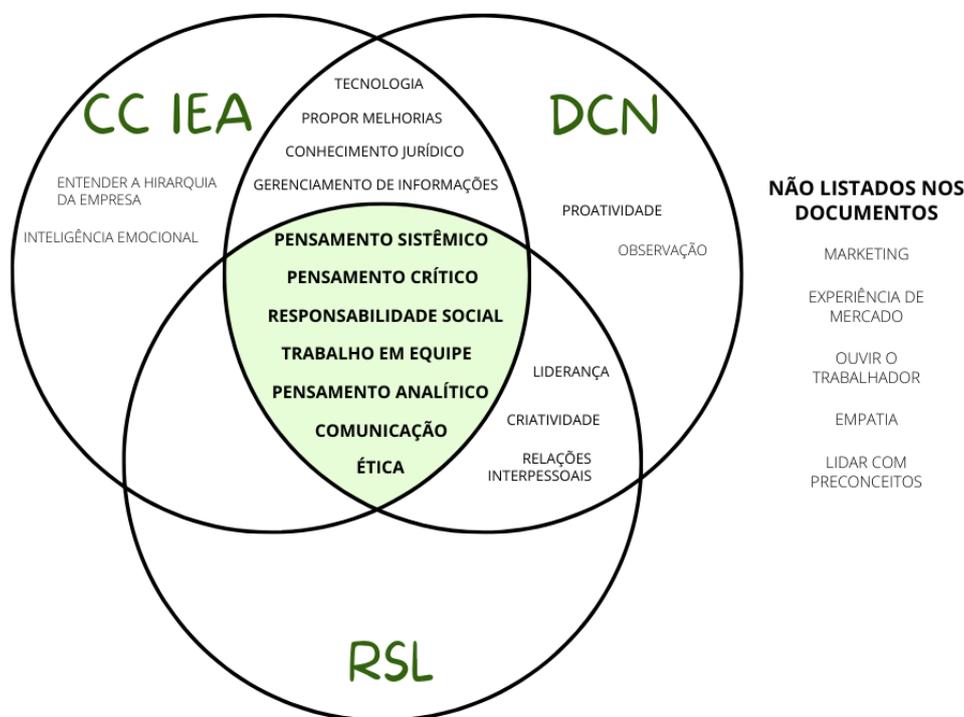
ensinadas por estratégias de aprendizagem ativa, preparando profissionais para o mercado de trabalho.

Proposição 02

As principais competências técnicas necessárias para profissionais da ergonomia, egressos de cursos de engenharia de produção, são melhores desenvolvidas pelos estudantes a partir de estratégias de aprendizagem ativa.

De forma análoga as competências técnicas, as transversais podem ser comparadas com diferentes documentos relacionados à ergonomia e à engenharia de produção: o CC IEA (IEA, 2021), as DCN da engenharia (Brasil, 2019) e o Artigo 1 (RSL) desta tese (Rodeghiero Neto e Amaral, 2024). As 23 competências encontradas nas entrevistas foram buscadas nestes documentos, dentre elas cinco não foram encontradas. A Figura 18 mostra um diagrama de Venn contendo as competências que cada documento traz como importante para um profissional da área.

Figura 18 – Comparativo de competências transversais da pesquisa



Sete competências transversais em ergonomia foram destacadas pelas entrevistas como essenciais a um profissional egresso de um curso de engenharia de produção e que estão de acordo com o comparativo entre os três principais documentos citados. A comunicação é uma competência essencial nos tempos atuais, pois um profissional precisa demonstrar aos trabalhadores o que ocorre nos sistemas produtivos e possíveis maneiras de corrigir os problemas (Lange et al., 2022). Esta competência também é citada nos trabalhos de Antonio et al. (2013) e Wu (2011).

O pensamento sistêmico, o crítico e o analítico permitem que os profissionais de ergonomia desenvolvam melhores avaliações do trabalho (Colim et al., 2022). Pelo pensamento sistêmico, o profissional consegue observar o sistema sociotécnico como um todo, a partir das relações complexas; já com o pensamento analítico, o profissional analisa profundamente os problemas e, de maneira crítica, se utiliza de diferentes frentes para propor as melhorias dos problemas avaliados (Bartolomé e Benítez, 2021; Benešová e Tupa, 2017; Cerezo-Narváez et al., 2019).

O trabalho em equipe é essencial para um profissional de ergonomia, visto que este deve manter contato próximo com diferentes frentes e níveis hierárquicos da empresa (El-Zein e Hedemann, 2016; Sánchez-Lite et al., 2022). Além disto, a ergonomia é caracterizada como participativa (van Eerd et al., 2010; Broday, 2021) e, isto, por si só já demanda o envolvimento de diferentes pessoas para o alcance dos resultados vinculados a projetos de ergonomia.

A ética (Page e Stanley, 2014; Lange et al., 2022) e a responsabilidade social (Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018) são competências essenciais a todas as profissões e em especial a ergonomia. Existe um compromisso moral com os trabalhadores na adaptação do trabalho, pois entende-se que estes são de responsabilidade do profissional de ergonomia egresso de engenharia de produção, principalmente em relação a prevenção de acidentes e distúrbios de trabalho (Berlin et al., 2014; Gutiérrez-Martínez et al., 2021). É de responsabilidade ética dos engenheiros a aprendizagem continuada, garantindo sua formação e atualização completa (Froehle et al., 2021)

Outras competências importantes para um profissional de ergonomia egresso de um curso de engenharia de produção foram apresentadas por dois dos três documentos da análise. A liderança (Lau et al., 2006; Cordeiro et al., 2020), a criatividade (Kunrath et al., 2020), o conhecimento em legislações e normativas e a proposição de melhorias adequadas ao sistema (Oppert et al., 2022) são competências defendidas em outros trabalhos como essenciais a um profissional da área, corroborados pelos argumentos defendidos pelos entrevistados.

As competências transversais também são melhores desenvolvidas por estratégias de aprendizagem ativa, corroborando o que é dito pela literatura (Bartolomé e Benítez, 2021; Magana et al., 2022; Lima et al., 2024; Teixeira et al., 2020) e pelos entrevistados. Ainda assim, não se pode confirmar o desenvolvimento destas competências destacadas pelas entrevistas a partir de disciplinas de ergonomia em cursos de engenharia de produção. Acredita-se, por pesquisas semelhantes em outras áreas que seja plausível o desenvolvimento de competências transversais pelas estratégias de aprendizagem ativa.

Proposição 03

As principais competências transversais necessárias para profissionais da ergonomia, egressos de cursos de engenharia de produção, são melhores desenvolvidas pelos estudantes a partir de estratégias de aprendizagem ativa.

Dentre as competências transversais evidenciadas nesta pesquisa, “entender a necessidade de escutar a percepção do trabalhador” é essencial ao profissional de ergonomia (Yuan, 2015; Cervai e Polo, 2018). Isto pois, para identificar as situações de problemas do ambiente de trabalho, é necessário coletar as verbalizações dos trabalhadores. É preciso colher a expertise do trabalhador para entender se as mudanças que ocorrem no meio de trabalho atendem à sua percepção, aumentando seu bem-estar laboral e sua produtividade (Buhler et al., 2023; Watson et al., 2018).

Ainda assim, observou-se pelos documentos analisados (CC IEA, DCN e RSL) que estes não apresentam esta competência como essencial na atuação da ergonomia. Destaca-se, entretanto, pela opinião dos entrevistados, que ela é

indispensável para qualquer atividade realizada pelos profissionais de ergonomia no meio laboral. Percebe-se, ainda, que em estratégias de aprendizagem ativa em ergonomia, como *Problem-based Learning* (PBL) e *Project-based Learning* (PjBL), em problemas não-estruturados, levam os estudantes a entrar em contato com a empresa e realizar coletas diretamente com os trabalhadores (Teixeira et al., 2020; Qian et al., 2023). Desta maneira, acredita-se que estas estratégias contribuem para o desenvolvimento desta competência transversal essencial para um profissional de ergonomia.

Proposição 04

Para desenvolver a competência transversal de “entender a necessidade de escutar a percepção do trabalhador”, estratégias de aprendizagem ativa como PBL e PjBL melhoram o seu desenvolvimento e aumentam a percepção de responsabilidade social do profissional.

A ausência de competências essenciais para um profissional traz diferentes impactos ao ambiente de trabalho. Os entrevistados desta pesquisa trouxeram em três níveis distintos os impactos do não desenvolvimento de competências de um profissional de ergonomia. Diferentes autores corroboram estes dados em seus trabalhos (Falck et al., 2010; Savino et al., 2020; Chintada e V, 2022; Frasanya e Shofoluwe, 2018).

A influência do profissional de ergonomia dentro de empresas (Broberg, 2007) influencia a compreensão da área. Assim, para que os projetos sejam realizados no sentido de melhorar o ambiente, é necessário que este profissional tenha uma boa relação com os trabalhadores, com uma boa escuta das verbalizações e observação dos problemas, viabilizando soluções de melhoria plausíveis e que aumentem o bem-estar e a produtividade (Read et al., 2022).

Sob a ótica de competências técnicas, os trabalhos analisados enfatizam a partir de dados aplicados que a ergonomia garante um aumento da produtividade, redução de problemas de qualidade e diminuição de dados de absenteísmo e afastamentos do trabalhador (Falck et al., 2010; Chintada e V, 2022). Isto é

ênfatizado, principalmente, pela melhor organização do trabalho (Savino et al., 2020) e pela redução de DORT (Frasanya e Shofoluwe, 2018).

Ainda assim, empresas t em a dificuldade de implementa o de projetos em ergonomia devido aos investimentos. Ambientes de trabalho com baixos investimentos em ergonomia tendem a gerar diferentes custos, complexos de serem quantificados, mas plausíveis de serem mostrados (Rugulies e Burdorf, 2024).   necessário que os profissionais de ergonomia saibam mostrar os benefícios de suas intervenções ergon micas: benefício econ mico, na qualidade dos produtos e na saúde do trabalhador (Silva et al., 2014). Desta maneira, é importante acompanhar se um profissional de ergonomia com as competências técnicas e transversais adequadas e demandadas pelo mercado de trabalho possa reduzir os impactos negativos mostrados pela literatura.

Proposi o 05

O desenvolvimento de competências técnicas e transversais de ergonomia e engenharia de produ o reduzem os impactos em sistemas de trabalho e em trabalhadores dos quais este profissional   responsável.

Sendo assim, após as diferentes discussões e achados deste artigo,   possível propor o perfil esperado de um profissional de ergonomia, egresso de um curso de engenharia de produ o. Este profissional deve possuir competências específicas da área de ergonomia, mas também genéricas da área de engenharia, sendo classificadas por este estudo como técnicas e transversais.   válido ressaltar, ainda, que este é o perfil mínimo que contempla achados do mercado de trabalho e de normas analisadas (CC IEA, NR17, DCN). A Figura 19 mostra um esquema deste perfil.

Figura 19 – Perfil esperado pelo mercado de trabalho do profissional de ergonomia

PERFIL ESPERADO DO PROFISSIONAL DE ERGONOMIA

EGRESSO DE UM CURSO DE ENG. DE PRODUÇÃO

- Conhecimento técnico e multidisciplinar de Saúde e Segurança Ocupacional e Engenharia de Produção;
- Foco no aumento da produtividade e do bem-estar com o olhar prioritário no Fator Humano;
- Comunicação efetiva com os profissionais de diferentes níveis hierárquicos da empresa;
- Profissional líder, responsável e que saiba gerir e trabalhar em equipe;
- Habilidades com pensamento crítico, analítico, sistêmico e criativo;
- Profissional que domine todas as etapas de procedimentos de melhoria em ergonomia.

Como já explicado o motivo anteriormente, estas competências são melhor desenvolvidas por estratégias de aprendizagem ativa em ambiente universitário. Read et al. (2022), Antonio et al. (2013) e Wu et al. (2011) indicam que estas competências precisam ser validadas com os interessados que atuam na área. Desta maneira, a partir de ferramentas quantitativas, espera-se que este perfil seja validado e que facilite o desenvolvimento mínimo de requisitos essenciais de um profissional de ergonomia.

Proposição 06

O perfil do profissional de ergonomia egresso de um curso de engenharia de produção, desenvolvido por esta pesquisa, contém as características mínimas essenciais demandadas pelo mercado de trabalho.

6.5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve por objetivo identificar as principais competências em ergonomia para a formação de um profissional, egresso de um curso de

engenharia de produção, a partir de suas competências técnicas e transversais. Utilizando entrevistas semiestruturadas com diferentes profissionais atuantes na área de ergonomia, juntamente de um comparativo nas principais normas relacionadas ao estudo, o estudo construiu um perfil a partir dos requisitos mínimos essenciais coletados com estes participantes.

O perfil esperado do profissional de ergonomia contempla como competências técnicas o entendimento de conceitos vinculados à SSO, engenharia e gestão. Pelo olhar prioritário no fator humano, espera-se que este profissional atue para o aumento equilibrado da produtividade e do bem-estar do trabalhador. Como competências transversais, este profissional deve ser comunicativo, responsável, líder, analítico e crítico. O entendimento sobre todas as fases de proposições de melhoria deve ser atendido e desenvolvido por este profissional, para a correta atuação na área de ergonomia.

No decorrer do estudo, a principal limitação encontrada foi a comprovação final do perfil do profissional de ergonomia com os participantes da entrevista. Desta maneira, em estudos futuros, espera-se validar a proposta de perfil desenvolvida a partir de ferramentas quantitativas. Ainda, outras cinco proposições mostradas na discussão deste artigo são evidenciadas como sugestões de estudos futuros.

REFERÊNCIAS

- ABEPRO, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2023. Available in: <https://abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>. Access in: February 2023.
- Antonio, R. S., Isabel, O., Gabriel, P. S., Angel, U. C., 2013. A proposal for improving safety in construction projects by strengthening coordinators' competencies in health and safety issues. **Safety Science** 54, 92-103. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.12.004>.
- Araujo, A. V., Arcanjo, G. S., Fernandes, H., Arcanjo, G. S., 2018. Ergonomic work analysis: A case study of bus drivers in the private collective transportation sector. **Work** 60 (1), 41-47. <https://doi.org/10.3233/WOR-182718>.
- Arciniega-Rocha, R. P., Erazo-Chamorro, V. C., Szabo, G., 2023. The Prevention of Industrial Manual Tool Accidents Considering Occupational Health and Safety. **Safety** 9 (3), 51. <https://doi.org/10.3390/safety9030051>.
- Bartolomé, E., Benítez, P., 2021. Failure mode and effect analysis (FMEA) to improve collaborative project-based learning: Case study of a Study and Research Path in mechanical engineering. **International Journal of Mechanical Engineering Education** 50 (2), 1-35. <https://doi.org/10.1177/0306419021999046>.
- Belwal, R., Belwal, S., Sufian, A., Badi, A., 2020. Project-based learning (PBL): outcomes of students' engagement in an external consultancy project in Oman. **Education + Training** 63 (3), 336-59. <https://doi.org/10.1108/ET-01-2020-0006>.
- Berlin, C., Neumann, W. P., Theberge, N., Örtengren, R., 2014. Avenues of entry: how industrial engineers and ergonomists access and influence human factors and ergonomics issues. **European Journal of Industrial Engineering** 8 (3). <https://doi.org/10.1504/EJIE.2014.060999>.
- Biggs, S. E., Banks, T. D., Davey, J. D., Freeman, J. E., 2013. Safety leaders' perceptions of safety culture in a large Australasian construction organization. **Safety Science** 52, 3-12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2012.04.012>.
- Bitencourt, R. S., Opuchkewich, J. P., Silva, L. W. A. N., Yasue, J. E., 2022. Levantamento das disciplinas de ergonomia nos cursos de engenharia no Brasil e reflexões sobre o cenário internacional. **Anais do XXII Congresso Brasileiro de Ergonomia 2022**. São José dos Campos, Brasil. ISSN: 2358-5463.
- Borchardt, M., Vaccaro, G. L. R., Azevedo, D., Ponte Jr., J. O perfil do engenheiro de produção: a visão de empresas da região metropolitana de Porto Alegre. **Production** 19 (2), 230-48. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132009000200002>.
- Brasil. Ministério da Educação, 2019. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares do Curso de Graduação em Engenharia**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Seção 1, 43.
- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego, 2023. **Norma Regulamentadora No. 17 (NR-17)**. Portaria MTP n.º 4.219, de 20 de dezembro de 2022.
- Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego, 2024. **Classificação Brasileira de Ocupações: CBO**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego; Secretaria de Políticas Públicas de Emprego, 2010a.
- Bressan, V., Stevanin, S., Bulfore, G., Zanini, A., Dante, A., Palese, A., 2016. Measuring patient safety knowledge and competences as perceived by nursing students: An Italian validation study. **Nurse Education in Practice** 16 (1), 209-16. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2015.08.006>.
- Broberg, O., 2007. Integrating ergonomics into engineering: Empirical evidence and implications for the ergonomists. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries** 17 (4), 353-66. <https://doi.org/10.1002/hfm.20081>.
- Brodoy, E. E., 2021. Participatory Ergonomics in the context of Industry 4.0: a literature review. **Theoretical Issues in Ergonomics Science** 22 (2), 237-250. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2020.1801886>.

- Brunoro, C. M., Bolis, I., Sigahi, T. F. A. C., Kawasaki, B. C., Szelwar, L. I., 2020. Defining the meaning of “sustainable work” from activity-centered ergonomics and psychodynamics of Work’s perspectives. **Applied Ergonomics** 89, 103209. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103209>.
- Buhler, D. C., Zwirtes, T. L., Renner, J. S., 2023. Gestão participativa em ergonomia e o protagonismo do trabalhador: relato de experiência em uma indústria moveleira do Rio Grande do Sul. **Ação Ergonômica** 17 (2), 202311. <http://dx.doi.org/10.4322/rae.v17n2.e202311>.
- Caple, D., 2010. The IEA contribution to the transition of Ergonomics from research to practice. **Applied Ergonomics** 41, 731-737. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.03.002>.
- Caputo, F., Greco, A., Fera, M., Macchiaroli, R., 2019. Digital twins to enhance the integration of ergonomics in the workplace design. **International Journal of Industrial Ergonomics** 71, 20-31. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.02.001>.
- Cerezo-Narváez, A., Córdoba-Roldán, A., Pastor-Fernández, A., Aguayo-González, F., Otero-Mateo, M., Ballesteros-Pérez, P., 2019. Training Competences in Industrial Risk Prevention with Lego® Serious Play®: A Case Study. **Safety** 5 (4). <https://doi.org/10.3390/safety5040081>.
- Cerezo-Narváez, A., Córdoba-Roldán, A., Pastor-Fernández, A., Aguayo-González, F., Otero-Mateo, M., Ballesteros-Pérez, P., 2019. Training Competences in Industrial Risk Prevention with Lego® Serious Play®: A Case Study. **Safety** 5 (4). <https://doi.org/10.3390/safety5040081>.
- Cervai, S., Polo, F., 2018. The impact of a participatory ergonomics intervention: the value of involvement. **Theoretical Issues in Ergonomics Science** 19 (1), 55-73. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2016.1274454>.
- Chintada, A., V, U., 2022. Improvement of productivity by implementing occupational ergonomics. **Journal of Industrial and Production Engineering** 39 (1), 59-72. <https://doi.org/10.1080/21681015.2021.1958936>.
- Colim, A., Carneiro, P., Carvalho, J. D., Teixeira, S., 2022. Occupational Safety & Ergonomics training of Future Industrial Engineers: A Project-Based Learning Approach. **Procedia Computer Science** 204, 505-12. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.119>.
- Cordeiro, F. R., Paslauski, C. A., Wachs, P., Tinoco, M. A. C., 2020. Production engineers profiling: competences of the professional the market wants. **Production** 30, e20190093. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20790093>.
- Dong, X., Wu, Y., Chen, X., Li, H., Cao, B., Zhang, X., Yan, X., Li, Z., Long, Y., Li, X., 2021. Effect of thermal, acoustic, and lighting environment in underground space on human comfort and work efficiency: A review. **Science of the Total Environment** 786, 147537. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147537>.
- Dukhan, N., Schumack, M. R., Daniels, J. J., 2008. Implementation of service-learning in engineering and its impact on students’ attitudes and identity. **European Journal of Engineering Education** 33 (1), 21-31. <http://dx.doi.org/10.1080/03043790701746132>.
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., Wilson, J. R., van der Doelen, B., 2012. A strategy for human factors/ergonomics: Developing the discipline and profession. **Ergonomics** 55 (4), 377-95. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>.
- El-Zein, A. H., Hedemann, C., 2016. Beyond problem solving: Engineering and the public good in the 21st century. **Journal of Cleaner Production** 137, 692-700. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.129>.
- Emmatty, F. J., Panicker, V. V., 2019. Ergonomic interventions among waste collection workers: A systematic review. **International Journal of Industrial Ergonomics** 72, 158-72. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.05.004>.
- Falck, A., Ortengren, R., Hogberg, D., 2010. The Impact of Poor Assembly Ergonomics on Product Quality: A Cost–Benefit Analysis in Car Manufacturing. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries** 20 (1), 24-41. <https://doi.org/10.1002/hfm>.

- Farias, J. P., Ferreira, A. S., 2024. Evidence map on burnout syndrome in higher education teachers and its relationship with ergonomic and biopsychosocial factors: a scoping review. **International Journal of Occupational Safety And Ergonomics (JOSE)** Online Version. <https://doi.org/10.1080/10803548.2024.2325819>.
- Fasanya B., Shofoluwe, M., 2018. Occupational Ergonomics: Emerging Approaches Toward Improved Worker Productivity and Injury Reduction. **Proceedings of AHFE 2018: Advances in Physical Ergonomics & Human Factors**, 385-95. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94484-5_40.
- Franssila, H., Okkonen, J., Savolainen, R., 2016. Developing measures for information ergonomics in knowledge work. **Ergonomics** 59 (3), 435-448. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1073795>.
- Froehle, K., Phillips, A., Murzi, H., 2021. Lifelong Learning Is an Ethical Responsibility of Professional Engineers: Is School Preparing Young Engineers for Lifelong Learning? **Journal of Civil Engineering Education** 147 (3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000045](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000045).
- Gao, R., Chan, A. P. C., Lyu, S., Zahoor, H., Utama, W. P., 2018. Investigating the difficulties of implementing safety practices in international construction projects. **Safety Science** 108, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.04.018>.
- Gonçalves, G. H. V., Marques Neto, J. C., Rocha, L. B. G., 2021. Análise Ergonômica do Trabalho na execução de alvenaria de vedação. **Ação Ergonômica** 15 (1). <https://doi.org/10.4322/rae.v15e202109>.
- Guimarães, L. B. M., Anzanello, M. J., Ribeiro, J. L. D., Saurin, T. A., 2015. Participatory ergonomics intervention for improving human and production outcomes of a Brazilian furniture company. **International Journal of Industrial Ergonomics** 49, 91-107. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2015.02.002>.
- Guimarães, L. B. M., Ribeiro, J. L. D., Bitencourt, R. S., Iida, I., 2019. Investigation of the Brazilian academic production in Ergonomics, from 1987 to 2017. **Production** 29, e20190004. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190004>.
- Gumasing, M. J. J., Castro, F. M. F., 2023. Determining Ergonomic Appraisal Factors Affecting the Learning Motivation and Academic Performance of Students during Online Classes. **Sustainability** 15, 1970. <https://doi.org/10.3390/su15031970>.
- Gutiérrez-Martínez, Y., Bustamante-Bello, R., Navarro-Tuch, S. A., López-Aguilar, A. A., Molina, A., Longoria, I. A., 2021. A Challenge-based Learning Experience in Industrial Engineering in the Framework of Education 4.0. **Sustainability** 2021 (13), 9867. <https://doi.org/10.3390/su13179867>.
- Hansen, A. F., Hasle, P., Caroly, S., Reinhold, K., Jarvis, M., 2024. Participatory ergonomics: What works for whom and why? A realist review. **Ergonomics** 67 (1), 13-33. <https://doi.org/10.1080/00140139.2023.2202842>.
- Hanson, M. A., 2013. Green ergonomics: challenges and opportunities. **Ergonomics** 56, 399-408. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.751457>.
- Hardison, D., Behm, M., Hallowell, M. R., Fonooni, H., 2014. Identifying construction supervisor competencies for effective site safety. **Safety Science** 65, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.12.013>.
- Hayes, J., Maslen, S., Holdsworth, S., Sandri, O., 2021. Defining the capable engineer: Non-technical skills that support safe decisions in uncertain, dynamic situations. **Safety Science** 141, 105324. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105324>.
- Hennink, M., Kaiser, B. N., 2022. Sample sizes for saturation in qualitative research: A systematic review of empirical tests. **Social Science & Medicine** 292, 114523. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.114523>.
- IEA, International Ergonomics Association, 2021. **Core competencies in human factors and ergonomics (HFE): professional knowledge and skills**. The IEA Press, 2021. ISBN: 978-0-9796435-4-5.
- Kadir, B. A., Broberg, O., Conceição, C. S., 2019. Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0. **Computers & Industrial Engineering** 137, 106004. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106004>.

- Kunrath, K., Cash, P., Kleinsmann, M., 2020. Designers' professional identity: personal attributes and design skills. **Journal of Engineering Design** 31 (6), 297-330. <https://doi.org/10.1080/09544828.2020.1743244>.
- Lange, D., Torero, J. L., Spinardi, G., Law, A., Johnson, P., Brinson, A., Maluk, C., Hidalgo, J. P., Woodrow, M., 2022. A competency framework for fire safety engineering. **Fire Safety Journal** 127, 103511. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2021.103511>.
- Lau, H. Y. K., Mak, K. L., Ma, H., 2006. IMELS: An e-learning platform for industrial engineering. **Computer Application in Engineering Education** 14 (1), 53-65. <http://doi.org/10.1002/cae.20067>.
- Lima, R. M., Mesquita, D., Rocha C., Rabelo M., 2017. Defining the Industrial and Engineering Management Professional Profile: a longitudinal study based on job advertisements. **Production** 27, e20162299. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.229916>.
- Lima, R. M., Villas-Boas, V., Soares, F., Carneiro, O. S., Ribeiro, P., Mesquita, D., 2024. Mapping the implementation of active learning approaches in a school of engineering – the positive effect of teacher training. **Ergonomics Online Version**. <https://doi.org/10.1080/03043797.2024.2313541>.
- Lowe, B. D., Dempsey, P. G., Jones, E. M., 2019. Ergonomics assessment methods used by ergonomics professionals. **Applied Ergonomics** 81, 102882. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102882>.
- Macdonald, W., Oakman, J., 2022. The problem with “ergonomics injuries”: What can ergonomists do? **Applied Ergonomics** 103, 103774. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103774>.
- Magana, A. J., Karabiyik, T., Thomas, P., Jaiswal, A., Perera, V., Dworkin, J., 2021. Teamwork facilitation and conflict resolution training in a HyFlex course during the COVID-19 pandemic. **Journal of Engineering Education** 111, 446-73. <https://doi.org/10.1002/jee.20450>.
- Moody, L., 2011. A Studio-Based Approach to Teaching Ergonomics and Human Factors. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting** 55 (1). <https://doi.org/10.1177/1071181311551111>.
- Moura, D., Zotes, L. P., 2015. Competências transversais e desempenho empresarial: uma análise conceitual comparativa. **Sistemas & Gestão: Revista Eletrônica** 10, 254-269. <https://doi.org/10.7177/sg.2015.v10.n4.a4>.
- Naeini, H. S., Mosaddad, S. H., 2013. The Role of Ergonomics Issues in Engineering Education. **Procedia – Social and Behavioral Sciences** 102, 587-90. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.775>.
- Neumann, W. P., Dul, J., 2010. Human factors: spanning the gap between OM and HRM. **International Journal of Operations & Production Management** 30 (9), 923-950. <https://doi.org/10.1108/01443571011075056>.
- Newcomer, J. L., 2005. An Ergonomics Course for Manufacturing Engineering Technology Students. **Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition**. <https://doi.org/10.18260/1-2--15450>.
- Oakman, J., Hignett, S., Davis, M., Read, G., Aslanides, M., Mebarki, B., Legg, S., 2020. Tertiary education in ergonomics and human factors: quo vadis?. **Ergonomics** 63 (3), 243-252. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1701095>.
- Oppert, M. L., Dollard, M. F., Murugavel, V. R., Reiter-Palmon, R., Reardon, A., Cropley, D. H., O'keeffe, V., 2022. A Mixed-Methods Study of Creative Problem Solving and Psychosocial Safety Climate: Preparing Engineers for the Future of Work. **Frontiers in Psychology** 12, 759226. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.759226>.
- Page, L., Stanley, L., 2014. Ergonomics Service Learning Project: Implementing an Alternative Educational Method in an Industrial Engineering Undergraduate Ergonomics Course. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries** 24 (5), 544-556. <http://doi.org/10.1002/hfm.20544>.
- Paravizo, E., Fonseca, M. L. F., Lima, F. T., Gemma, S. F. B., Rocha, R., Braatz, D., 2021. How Ergonomics and Related Courses Are Distributed in Engineering Programs? an Analysis of Courses from Brazilian Universities. **Proceedings of**

the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021), 567-74. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74602-5_78.

Passow, H. J., 2012. Which ABET Competencies Do Engineering Graduates Find Most Important in their Work?. **Journal of Engineering Education** 101 (1), 95-118. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb00043.x>.

Pizo, C. A., Menegon, N. L., 2010. Análise ergonômica do trabalho e o reconhecimento científico do conhecimento gerado. **Production** 20 (4). <https://doi.org/10.1590/S0103-65132010005000058>.

Punchihewa, H., Gyi, D., 2016. Reducing work-related Musculoskeletal Disorders (MSDs) through design: Views of ergonomics and design practitioners. **Work** 53 (1), 127-142. <https://doi.org/10.3233/WOR-152126>.

Qian, Y., Vaddiraju, S., Khan, F., 2023. Safety education 4.0 – A critical review and a response to the process industry 4.0 need in chemical engineering curriculum. **Safety Science** 161, 106069. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106069>.

Qiu, S., Natarajathinam, M., 2023. Fifty-three years of the Journal of Engineering Education: A bibliometric overview. **Journal of Engineering Education** Online Version. <https://doi.org/10.1002/jee.20547>.

Qureshi, S. M., Davy, J., Buckley, K., 2022. The barriers and opportunities to support the early career academics and professionals in human factors/ergonomics - revisiting reflections from IEA2015, IEA2018 & IEA2021. **Work** 73 (1), S67-S80. <https://doi.org/10.3233/wor-211216>.

Read, G., Schultz, K., Goode, N., Salmon, P., 2022. Using cognitive work analysis to identify competencies for human factors and ergonomics practitioners. **Ergonomics** 65 (3), 348-361. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1955979>.

Ricciardi, P., Buratti, C., 2018. Environmental quality of university classrooms: Subjective and objective evaluation of the thermal, acoustic, and lighting comfort conditions. **Building and Environment** 127, 23-36. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.030>.

Ribeiro, J. L., Milan, G. **Entrevistas Individuais: teoria e aplicações**. Vol. 1, ed. FEENG, Porto Alegre, 106 p, 2004.

Rodeghiero Neto, I., Amaral, F. G., 2024. Teaching occupational health and safety in engineering using active learning: A systematic review. **Safety Science** 171, 106391. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106391>.

Rugulies, R., Burdorf, A., 2024. What are the economic costs of a poor work environment? **Scandinavian Journal of Work, Environment & Health** 50 (2), 49-52. <https://doi.org/10.5271/sjweh.4143>.

Salas, E., Tannenbaum, S. I., Kraiger, K., Smith-Jentsch, K. A., 2012. The Science of Training and Development in Organizations: What Matters in Practice. **Psychological Science in the Public Interest** 13 (2), 74-101. <https://doi.org/10.1177/1529100612436661>.

Sánchez, A. S., 2014. The importance of Ergonomics in Industrial Engineering. **Industrial Engineering & Management** 3 (1). <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000e121>.

Sanchez-Lite, A., Zulueta, P., Sampaio, A. Z., Gonzales-Gaya, C., 2022. BIM for the Realization of Sustainable Digital Models in a University-Business Collaborative Learning Environment: Assessment of Use and Students' Perception. **Buildings** 12, 971. <https://doi.org/10.3390/buildings12070971>.

Santos, P. F., Simon, A. T., Guimarães G. E., Amorim, M., Vieira Junior, M., 2017. Analyzing the competences of production engineering graduates: an industry perspective. **Production** 27, e20170053. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.005317>.

Savino, M. M., Riccio, C., Menanno, M., 2020. Empirical study to explore the impact of ergonomics on workforce scheduling. **International Journal of Production Research** 58 (2), 415-433. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1591645>.

- Silva, M. P., Amaral, F. G., Mandagara, H., Leso, B. H., 2014. Difficulties in Quantifying Financial Losses that Could Be Reduced by Ergonomic Solutions. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries** 24 (4), 415-27. <https://doi.org/10.1002/hfm.20393>.
- Smith, T. J., 2012. Certification of Professional Ergonomists: A Global Perspective. **Ergonomics in Design** 20 (4), 22–28. <https://doi.org/10.1177/1064804612455639>.
- Sun, X., Houssin, R., Renaud, J., Gardoni, M., 2019. A review of methodologies for integrating human factors and ergonomics in engineering design. **International Journal of Production Research** 57, 4961-76. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1492161>.
- Tappin, D. C., Vitalis, A., Bentley, T. A., 2016. The application of an industry level participatory ergonomics approach in developing MSD interventions. **Applied Ergonomics** 52, 151-159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2015.07.007>.
- Teixeira, R. L. P., Silva, P. C. D., Shitsuka, R., Brito, M. L. A., Kaizer, B. M., Silva, P. C., 2020. Project-Based Learning with Industry as a Learning Strategy for Improvement Engineering Education. **2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125195>.
- Tey, F., Graf, M., 2018. Revising the IEA Core Competencies for Professional Ergonomists. **Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)**, 672-7. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96080-7_81.
- Thatcher, A., Waterson, P., Todd, A., Moray, N., 2017. State of Science: ergonomics and global issues. **Ergonomics** 61 (2), 197-213. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1398845>.
- Theberge, N., Neumann, W. P., 2010. Doing 'organizational work': Expanding the conception of professional practice in ergonomics. **Applied Ergonomics** 42 (1), 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.05.002>.
- Tortorella, G. L., Cauchick-Miguel, P., 2018. Combining traditional teaching methods and PBL for teaching and learning of lean manufacturing. **IFAC PaperOnline** 51 (11), 915-20. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.465>.
- Tracy, S., 2010. Qualitative Quality: Eight "Big-Tent" Criteria for Excellent Qualitative Research. **Qualitative Inquiry** 16 (1). <https://doi.org/10.1177/1077800410383121>.
- Trakulsunti, Y., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Tortorella, G. L., Chuayjan, W., Foster, M., 2024. An exploration of operational excellence methodologies implementation in the logistics sectors: a global study. **The TQM Journal Online Version**. <https://doi.org/10.1108/TQM-10-2023-0313>.
- Van Eerd, D., Cole, D., Irvin, E., Mahood, Q., Keown, K., Theberge, N., Village, J., Vincent, M. S., Cullen, K., 2010. Process and implementation of participatory ergonomic interventions: a systematic review. **Ergonomics** 53 (10), 1153-66. <https://doi.org/10.1080/00140139.2010.513452>.
- Vilela, R. A. G., Almeida, I. M., Mendes, R. W. B., 2012. Da vigilância para prevenção de acidentes de trabalho: contribuição da ergonomia da atividade. **Ciência & Saúde Coletiva** 17 (1). <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012001000029>.
- Watson, D., Tregaskis, O., Gedikli, C., Vaughn, O., Semkina, A., 2018. Well-being through learning: a systematic review of learning interventions in the workplace and their impact on well-being. **European Journal of Work and Organizational Psychology** 27 (2), 247-68. <https://doi.org/10.1080/1359432X.2018.1435529>.
- Wilson, J. R., 2014. Fundamentals of systems ergonomics/human factors. **Applied Ergonomics** 45, 5-13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.021>.
- Wu, T. C., 2011. The roles and functions of safety professionals in Taiwan: Comparing the perceptions of safety professionals and safety educators. **Journal of Safety Research** 42 (5), 399-407. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2011.09.002>.

Wybo, J., Wassenhove, W. V., 2016. Preparing graduate students to be HSE professionals. **Safety Science** 81, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.006>.

Yuan, L., 2015. Reducing ergonomic injuries for librarians using a participatory approach. **International Journal of Industrial Ergonomics** 47, 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.03.004>.

Zaharim, A., Ahmad, I., Yusoff, Y., Omar, M., Basri, H., 2012. Evaluating the Soft Skills Performed by Applicants of Malaysian Engineers. **Procedia Social and Behavioral Science** 60, 522-8. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.417>.

APÊNDICE D

ROTEIRO DA ENTREVISTA

DATA – CATEGORIA – NÚMERO – LOCAL
NOME – FORMAÇÃO – INSTITUIÇÃO – TEMPO DE CASA

INTRODUÇÃO

- Explicar o objetivo da pesquisa: identificar o perfil esperado do profissional de ergonomia em ambientes profissionais (competências e conhecimentos);
- Confirmar o interesse em participar da pesquisa e lembrar do sigilo dos dados, mas relatar o desejo de publicação da análise, com o preenchimento do TCLE;
- Solicitar a permissão para a gravação de áudio da entrevista.

PERGUNTA INICIAL

- Me conte sobre seu contato/experiência, atual e anterior, na área de ergonomia?

PERGUNTAS CENTRAIS

- O que um profissional de ergonomia deve ser capaz de realizar e o que é importante ser ensinado em disciplinas de ergonomia em cursos de graduação em engenharia de produção?
O entrevistado deve refletir sobre principais conhecimentos técnicos que o profissional de ergonomia deve ter para conseguir realizar as suas atividades em meio laboral.
- Quais são as competências transversais essenciais para um profissional de ergonomia egresso de um curso de graduação em engenharia de produção?
O entrevistado deve refletir sobre as habilidades e atitudes que um profissional deve ter para trabalhar no meio profissional, como responsabilidade, resolução de problemas, comunicação...
- O que estes conhecimentos técnicos e transversais significam no meio de trabalho?
Reflexão sobre o que a presença e a ausência delas geram no trabalho.
- Quem, onde e quando devem ensinar estes conhecimentos técnicos e transversais nos cursos de graduação em engenharia de produção?
Quem é o profissional responsável por ensinar; o momento de sua formação e o local.
- Como estes conhecimentos técnicos e transversais devem ser ensinadas?
Quais são as estratégias de aprendizagem mais indicadas para o ensino delas.

PERGUNTA RESUMO

- Portanto, após a discussão destas cinco perguntas, qual então é o perfil esperado de um profissional de ergonomia, egresso de um curso de graduação em engenharia de produção, em relação às suas competências?

PERGUNTAS FINAIS

- Tens mais algo a relatar? Alguma observação que não dita anteriormente? Queres acrescentar alguma contribuição ao estudo?

AGRADECIMENTO

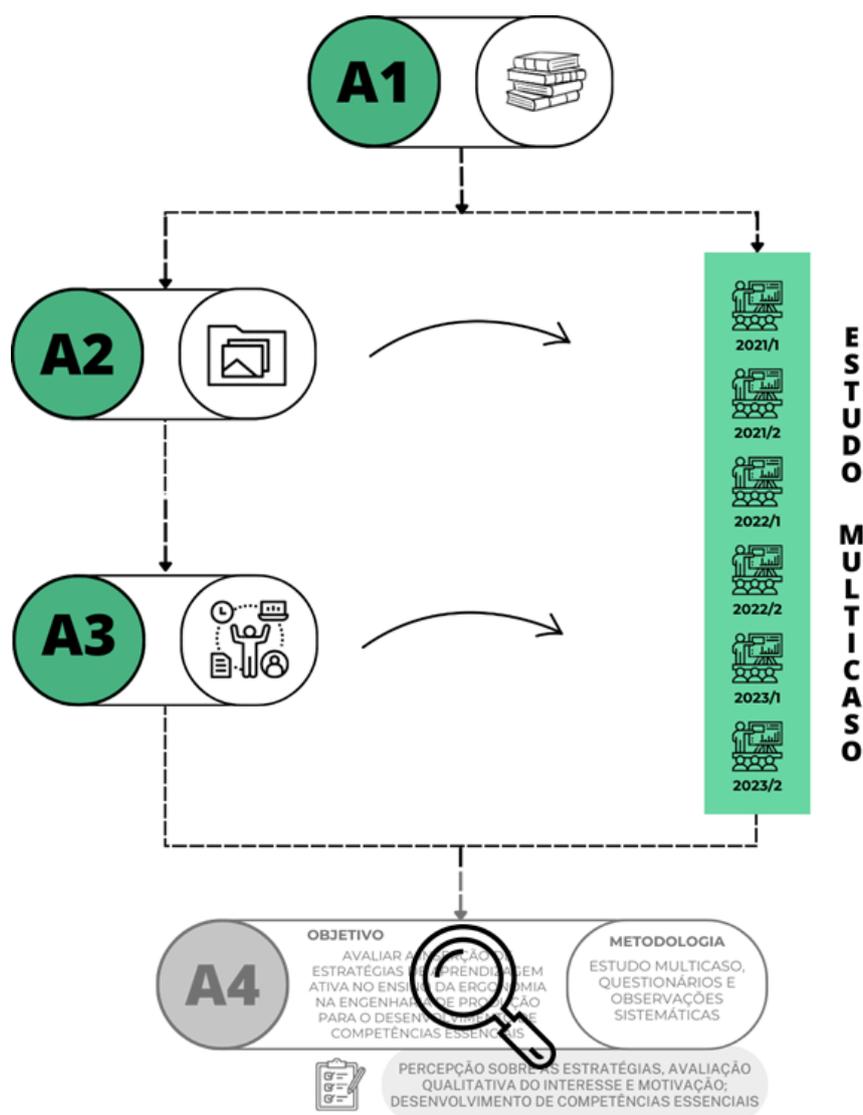
7. DO FIM DAS INVESTIGAÇÕES AO INÍCIO DAS AVALIAÇÕES

Até este ponto, todos os subsídios para a criação de uma estrutura de aprendizagem ativa foram coletados e planejados. As estratégias de aprendizagem ativa foram investigadas na literatura, descobrindo quais são as mais utilizadas atualmente, seus conceitos e vantagens. Os conteúdos técnicos foram pesquisados em currículos atuais, tanto brasileiros quanto internacionais. Na mesma linha, as competências transversais essenciais a um profissional de ergonomia egresso de um curso de engenharia de produção foram selecionadas, a partir da visão de diferentes profissionais atuantes no mercado.

Para isto e enquanto estas características para complementar os planos de ensino eram investigadas, uma proposta inicial da combinação de estratégias de aprendizagem ativa desenvolvida a partir da revisão sistemática da literatura era testada. Com uma abordagem multicaso, diferentes disciplinas de ergonomia de um curso de engenharia de produção sofreram alterações nas abordagens metodológicas de ensino. A Figura 20 demonstra a etapa em que os procedimentos metodológicos da tese se encontram.

Ao unir os três resultados dos artigos, pode-se aprimorar e atualizar os planos de ensino para as disciplinas aplicadas. Neste artigo, a avaliação destes planos de ensino foi realizada sob quatro critérios principais: (i) o estilo de aprendizagem dos estudantes; (ii) a análise crítica de professores pela observação das estratégias; (iii) a avaliação dos estudantes quanto as estratégias e, por fim, (iv) pelo desenvolvimento de competências essenciais de ergonomia. O quarto e último artigo desta tese buscou demonstrar os achados da pesquisa a partir da análise dos casos.

Figura 20 – Início da etapa de implementação e análise



No próximo artigo, os planos de ensino desenvolvidos para duas disciplinas de ergonomia no Artigo 2 (capítulo 4, página 113, Figura 14) serão apresentados de maneira resumida, juntamente com as competências do IEA destacadas no Artigo 3 (capítulo 6, página 154). Os resultados encontrados nestes artigos serão desenvolvidos nas aulas a partir das principais estratégias de aprendizagem ativa encontradas no Artigo 1 (capítulo 2, página 56).

A partir destas análises, será possível constatar se a inserção de estratégias de aprendizagem ativa é aceita ao ensino da ergonomia. Isto se dá pela reflexão quanto aos benefícios e limitações da aplicação destas estratégias e a

transformação das disciplinas de ergonomia. Estas características também são destacadas pela experiência no desenvolvimento das competências relacionadas à ergonomia. Em seguida, portanto, apresenta-se o quarto artigo desta tese.

8. ARTIGO 04 – Avaliação de diferentes estratégias de aprendizagem ativa para o ensino da ergonomia

Italo Rodeghiero Neto ^a; Fernando Gonçalves Amaral ^b

^a Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, UFRGS – italorneto@gmail.com

^b Departamento de Engenharia de Produção e Transportes, UFRGS – amaral@producao.ufrgs.br

Resumo

As estratégias de aprendizagem ativa são recomendadas para o ensino da engenharia, mas devido à falta de avaliação por diferentes percepções dos atores envolvidos a aceitação de sua inserção ainda é reduzida. No ensino da ergonomia, uma das principais áreas da engenharia de produção, embora a existência de escassos estudos que investigam a aplicação de diferentes estratégias ativas, a aceitação ainda é pequena. Ainda assim, é notável a relação existente entre a ergonomia e as estratégias de aprendizagem ativa. Desta maneira, o objetivo deste artigo foi avaliar a inserção de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da ergonomia na engenharia de produção para o desenvolvimento de competências essenciais. Para isto, quatro critérios foram investigados: (i) o estilo de aprendizagem dos estudantes; (ii) a análise crítica de professores pela observação das estratégias; (iii) a avaliação dos estudantes quanto às estratégias e, por fim, (iv) o desenvolvimento de competências essenciais de ergonomia. Quinze estratégias de aprendizagem foram utilizadas ao longo de seis semestres nas disciplinas de ergonomia no curso de graduação em engenharia de produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As turmas avaliadas evidenciaram a preferência em aprender por abordagens ativas a partir do estilo de aprendizagem. Quanto às estratégias, oito delas foram avaliadas positivamente pelos professores e pelos estudantes, enquanto outras seis apresentaram diferentes problemas em suas aplicações. Pela autoavaliação, os estudantes destacaram o desenvolvimento de competências técnicas de ergonomia e competências transversais essenciais para a atuação no mercado de trabalho. A partir do comparativo dos resultados, percebeu-se, portanto, que diferentes estratégias de aprendizagem ativa podem ser usadas para o ensino da ergonomia, garantindo a aceitação de professores e estudantes, incluindo o desenvolvimento das competências esperadas. Neste estudo, foi possível comprovar os benefícios da inserção destas estratégias para melhorar o ensino da ergonomia na engenharia.

Palavras-chave: Ergonomia, Engenharia de Produção, Estratégias, Aprendizagem ativa, Competências, Percepção.

8.1 INTRODUÇÃO

A andragogia, ou o ensino de adultos, em engenharia apresenta uma série de desafios no que tange o ensino de adultos em ambientes universitários (Nouri, 2016; Barabanova et al., 2020). A necessidade de acompanhar as demandas do mercado e, ao mesmo tempo, garantir o ensino de conceitos profissionais é uma problemática que os professores universitários enfrentam em sala de aula (Børte et al., 2023). Em complemento, os professores precisam também avaliar os estudantes e garantir que estes estejam preparados para enfrentar os problemas de suas futuras profissões.

Estes desafios podem ser enfrentados com o auxílio da aprendizagem ativa. As estratégias derivadas desta ótica contemplam questões construtivistas do ensino (Lima et al., 2024), onde os estudantes desenvolvem as competências relacionadas à sala de aula a partir da experimentação e debates de situações reais enfrentadas em meio de trabalho (Lombardi e Shirpley, 2021; Freeman et al., 2014; Fuster-Guilló et al., 2019). Conceitualmente, as estratégias de aprendizagem ativa contrapõem o que é visto em estratégias tradicionais de ensino (Lorenzis et al., 2023), onde o professor é o detentor do conhecimento e o transmite para os estudantes na forma de verbalizações em sala de aula (Ahmed e Sayed, 2020; Nguyen et al., 2020).

A partir da abordagem ativa as estratégias garantem um ensino mais real e atrai, conseqüentemente, a atenção do estudante (Lima et al., 2017; Din e Gibson Jr., 2019). Desta maneira, o engajamento dos estudantes para a realização das atividades e a motivação em aprender são maiores (Marbouti et al., 2018; Belwal et al., 2020). Aliado a questões de atratividade e melhorias de ensino, autores defendem que estratégias de aprendizagem ativa fornecem um ambiente propício para o desenvolvimento de uma grande quantidade de competências técnicas e transversais (Dinis-Carvalho et al., 2017; Rieg et al., 2022).

Outra vantagem válida a ressaltar é a flexibilidade de aplicação das estratégias de aprendizagem ativa em diferentes contextos (Hernández-de-Menéndez et al., 2019). Sua adaptação pode ser realizada para qualquer ambiente de sala de aula, sendo comprovada sua eficácia em diferentes áreas do ensino (Pereira et

al., 2022). No contexto da engenharia, estas estratégias podem garantir diferentes cenários da vivência dos futuros profissionais, demonstrando as práticas de solução de problemas a partir de problemas estruturados ou realistas (Grohs et al., 2018; Haeusser et al., 2013).

Diferentes estratégias de aprendizagem ativa são reconhecidas na literatura pelo seu ensino na engenharia, buscando demonstrar os cenários distintos de problemas (Rodeghiero Neto e Amaral, 2024). O *Problem-based Learning* e o *Project-based Learning* são estratégias que apresentam problemas reais para serem avaliados e corrigidos, por meio de análises pontuais ou execução de projetos (Qian et al., 2023). Já *Gamification* une diversão e aprendizado a partir de jogos virtuais ou de tabuleiro (Gao et al., 2021; Urgo et al., 2022). Estas estratégias são consideradas como guarda-chuva (Belwal et al., 2020), onde delas derivam outras com características semelhantes. Este é o caso da *Scenario-based Learning*, *Service-based Learning* e *Team-based Learning* (Hassall et al., 2020; Hernandez et al., 2024). Ainda, existem aquelas que possuem o período de aplicação reduzido, mas que garantem as características de aprendizagem ativa, como por exemplo *Think-pair Share*, *Flipped Classroom* e *Mock Trial* (Chiquito et al., 2020; Ali e Sharab, 2023; Khalid, 2012).

Desta maneira, alguns estudos investigaram se estas estratégias de aprendizagem ativa são benéficas para o melhor ensino da engenharia. Colim et al. (2021) aplicaram estratégias de aprendizagem ativa e, pela avaliação dos estudantes, a atribuição foi positiva para o desenvolvimento de competências técnicas e transversais. Tortorella e Cauchick-Miguel (2018) investigaram a utilização de estratégias de aprendizagem ativa baseado no estilo de aprendizagem dos estudantes de engenharia, identificando que estas se correlacionam. Rieg et al. (2022) e Lima et al. (2024) também investigaram a aceitação de estratégias de aprendizagem ativa, mas pela percepção dos professores, comprovando a possibilidade de utilizá-la.

Em contrapartida, em uma das áreas da engenharia, esta aplicação ainda possui baixa representatividade na aplicação de aprendizagem ativa. Este é o caso da ergonomia, que é a ciência que estuda a relação do homem com seus meios,

métodos e espaço de trabalho (Wilson, 2014; IEA, 2024), buscando a adaptação do trabalho aos trabalhadores para aumentar a produtividade e o conforto destes (Zare et al., 2016; Sun et al., 2019; Cardoso et al., 2021).

Esta adaptação dos sistemas produtivos é uma atividade prática que demanda observação, reflexão e ação (Barbosa e Pinheiro, 2012; Village et al., 2014), atividades realizadas na maioria das estratégias de aprendizagem ativa (Lima et al., 2017). Mesmo sendo considerada por profissionais como uma despesa (Black et al., 2023), é essencial que os engenheiros de produção conheçam a ergonomia como uma abordagem distinta para trazer benefícios ao sistema produtivo, focado na percepção e conforto do trabalhador, buscando sempre uma adaptação constante ao mundo atual (Blinckensderfer et al., 2010; Stanton et al., 2017; Kadir et al., 2019).

Os conceitos ensinados na ergonomia para cursos de engenharia de produção podem ganhar uma melhor aplicação quando são utilizadas estratégias de aprendizagem ativa (Pisolato et al., 2020). Neste contexto, a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e a ergonomia organizacional se beneficiam de estratégias de aprendizagem ativa pela experimentação da coleta em ambientes reais, analisando e propondo melhorias na resolução de problemas (Page e Stanley, 2014; Maluly et al., 2023). Os conceitos de ergonomia física e fatores físicos ambientais podem ser apresentados aos estudantes a partir de diferentes cenários estruturados (Moody, 2011), isto no intuito de comparar as mudanças que podem ser ofertadas aos trabalhadores em ambientes seguros e adaptados.

Mesmo que sejam validados os benefícios da inserção de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da ergonomia, é essencial também investigar se as competências necessárias estão sendo desenvolvidas (Górska e Górska, 2021). A ergonomia ensinada na engenharia de produção possui uma série de competências associadas ao profissional, como o Core Competencies da Associação Internacional de Ergonomia (IEA, 2021). O desenvolvimento destas competências é essencial para o profissional (Tey e Graf, 2018) e isto é facilitado com estratégias de aprendizagem ativa (Findeisen et al., 2019; Ahmed e Sayed, 2020).

Ao observar esta semelhança e verificar o número reduzido de estudos na literatura que contemplam as áreas de aprendizagem ativa e ergonomia (Duarte e Bernal, 2020), se faz necessário uma investigação para confirmar se esta combinação é possível. É necessário ainda aumentar a atratividade da área em cursos de engenharia de produção, pois é este curso que mais apresenta disciplinas da área (Paravizo et al., 2021), mas também pelo espaço que vem sendo perdido pelas disciplinas que trazem os conceitos humanos na engenharia (Mazzurco e Daniel, 2020). Além disto, é de responsabilidade do engenheiro garantir o conforto e a segurança das situações de trabalho (Benjaoran e Bhokha, 2010), ainda mais quando as Diretrizes Nacionais das Engenharias (DCN) demandam um aumento na responsabilidade social destes profissionais (Brasil, 2019).

Conforme o contexto explicitado, o objetivo deste artigo foi avaliar a inserção de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da ergonomia na engenharia de produção para o desenvolvimento de competências essenciais. Para contemplar esta avaliação, diferentes critérios foram utilizados: (i) o estilo de aprendizagem dos estudantes; (ii) a análise crítica de professores pela observação das estratégias; (iii) a avaliação dos estudantes ao participarem de encontros com as estratégias e, por fim, (iv) pelo desenvolvimento de competências essenciais de ergonomia. Com isto, espera-se responder a seguinte questão de pesquisa: *Como os estudantes e professores percebem a aceitação da inserção de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da ergonomia em cursos de engenharia de produção?*

O comparativo destes quatro critérios permite responder e discutir se a inserção destas estratégias de aprendizagem ativa é benéfica ao ensino da ergonomia. A partir disto, esta pesquisa espera contribuir com os professores, elaborando uma lista com diferentes estratégias de aprendizagem ativa que funcionam no ensino da ergonomia, pautado na visão dos atores envolvidos (professores e estudantes) e no desenvolvimento de competências. Ainda, a contribuição com a literatura se dá ao contemplar pesquisas qualiquantitativas que unem a educação em engenharia, aprendizagem ativa e o ensino da ergonomia (Swuste et al., 2021; Qiu e Natarajarathinam, 2023).

8.2 METODOLOGIA

Esta pesquisa apresenta um estudo multicaso de natureza quali-quantitativa. Esta abordagem busca analisar os resultados de uma implementação a partir de uma sequência de casos com semelhanças entre si (Cauchick-Miguel, 2007; Yin, 2014). Cada semestre letivo de avaliação compreendeu seis casos (três disciplinas dentro do semestre), ao longo de três anos. Para esta análise quali-quantitativa, diferentes abordagens foram unidas para entender a situação problema (Bergmann, 2008), a partir da observação e da aplicação de questionários. A combinação destas características se encaixa em análises na área da educação, principalmente em relação a disciplinas e aplicação de diferentes estratégias de ensino (Mills et al., 2010).

8.2.1 Seleção de estudo

O objeto de estudo desta análise foram as disciplinas relacionadas à ergonomia no curso de graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil. Este curso apresenta uma entrada semestral de 50 estudantes e possui nota máxima na avaliação do Ministério da Educação (MEC) do Brasil.

Atualmente, a graduação em Engenharia de Produção possui 49 disciplinas, sendo três delas vinculadas à Ergonomia⁴. As três disciplinas vinculadas aos conceitos da área de estudo são: Ergonomia 1, Ergonomia 2 e Engenharia Humana e Sociotécnica. Estas disciplinas fazem parte do bloco de Fatores Humanos do curso, responsável por apresentar os conceitos de Engenharia do Trabalho, juntamente de outras quatro disciplinas (Tinoco et al., 2021). As três disciplinas relacionadas à ergonomia apresentam uma sequência lógica no aprofundamento dos conteúdos ensinados e suas características principais (Quadro 06). Vale ressaltar que Ergonomia 1 é pré-requisito para a disciplina de Ergonomia 2, que é pré-requisito para Engenharia Humana e Sociotécnica.

⁴ Informações retiradas da plataforma digital do curso de graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Disponível em: <https://www.ufrgs.br/producao/graduacao/#disciplinas>. Acessado em março de 2024.

Quadro 06 – Características das disciplinas do estudo multicaso

DISCIPLINA	CH	MOD	SEM	PRINCIPAIS CONTEÚDOS
ERGONOMIA 1	60h	OBR	6º	Conceituação geral, AET, ergonomia física e organizacional
ERGONOMIA 2	30h	OPT	7º	Conceituação geral, AET, ergonomia cognitiva, fatores físico ambientais, segurança do trabalho, acessibilidade
ENG. HUMANA	60h	OPT	9º	Conceituação geral, AET, ergonomia cognitiva, física e organizacional, fatores físico ambientais, segurança do trabalho, acessibilidade

Cada disciplina possui seus próprios conteúdos no ensino buscando unir diferentes classificações da ergonomia e da engenharia de produção. Para isto, diferentes estratégias de aprendizagem foram alocadas a competências técnicas e transversais, para que fossem desenvolvidas e testadas para cada encontro ao longo de cada disciplina. O detalhamento destes encontros para cada disciplina pode ser encontrado no Apêndice E.

Quatorze diferentes estratégias de aprendizagem ativa, além da abordagem tradicional, foram utilizadas nesta pesquisa para o ensino da ergonomia. São elas, pela denominação em língua inglesa: *Accessibility Experiences, Buzz "Big" Group Discussion, Buzz "Small" Group Discussion, Case Study, Flipped Classroom, Gamification, Mock Trial, Problem-based Learning, Project-based Learning, Research-based Learning, Scenario-based Learning, Service-based Learning, Storytelling, Think-pair Share*. As definições e autores relacionados com as estratégias podem ser conferidas no Anexo A, adaptado da pesquisa de Lima et al. (2024).

8.2.2 Coleta de dados

Para a coleta de dados da pesquisa nas disciplinas em análise, quatro diferentes ferramentas foram utilizadas: o questionário *Index of Learning Style (ILS)*, no intuito de identificar o estilo de aprendizagem dos estudantes; a observação participante, para investigar a eficácia das estratégias de aprendizagens pela percepção do professor; o questionário de avaliação das estratégias de aprendizagem, desenvolvido pelo autor, para avaliar a percepção dos

estudantes quanto às estratégias utilizadas e, por fim, um questionário para avaliação do desenvolvimento de competências em ergonomia.

O questionário ILS foi criado por R. Felder e L. Silverman e trata-se de um modelo confiável, válido e adequado para investigação do perfil do estudante (Bi e Reid, 2017), sendo considerado internacionalmente como um dos principais instrumentos para esta análise (Aguiar et al., 2015). O ILS é composto por 44 questões com duas opções de escolha, onde o estudante deve marcar aquela que mais se assemelha com o seu perfil no processo de aprendizagem (Abdelhadi et al., 2019). O número de alternativas escolhidas associadas a questões descreve a intensidade de cada característica do estilo de aprendizagem.

Felder e Spurlin (2005) classificam os resultados segundo quatro classificações: ativo e reflexivo (processamento da informação); sensitivo e intuitivo (percepção da informação); visual e verbal (retenção da informação) e, global e sequencial (organização da informação). Cada uma das classificações tem uma dicotomia contrastante (Sensuse et al., 2020) e se encontram dentro de uma escala de 11 pontos, em que os estudantes podem se encontrar nas extremidades ou em um meio termo. Quanto mais centralizado nesta escala o resultado se encontra, mais o estudante é equilibrado entre os dois conceitos. Portanto, é possível quantificar a intensidade na qual o indivíduo manifesta seu estilo (Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018).

A observação do tipo pesquisa participante e sistemática foi utilizada para investigar o funcionamento de cada estratégia de aprendizagem pela percepção dos professores. Esta metodologia envolve a participação do pesquisador diretamente no campo juntamente com os pesquisados, coletando e investigando e coletando os dados *in loco* (Abib et al., 2013). Este estilo de observação analisa o comportamento do participante na execução das atividades e suas interações (Valladares, 2005). A observação participante pode ser utilizada para realizar intervenções em determinado meio e verificar o sucesso de sua implementação (Mello et al., 2012; Brum et al., 2017).

Os dois últimos instrumentos utilizados para a coleta de dados foram questionários desenvolvidos pelo autor, com uma escala *Likert* de sete pontos de concordância e aplicados em contextos distintos. O primeiro deles buscou avaliar as estratégias de aprendizagem utilizadas no semestre a partir da análise dos estudantes. Para isto, cada estratégia foi listada juntamente no encontro em que foi aplicada. Os estudantes realizaram esta avaliação a partir de dois conceitos distintos: (i) a contribuição da estratégia para o desenvolvimento das competências técnicas e, (ii) a contribuição para a transformação do encontro em um ambiente atrativo para aprender.

O segundo questionário buscou investigar o desenvolvimento de competências relacionadas à ergonomia, a partir da autoavaliação dos estudantes. Este questionário foi desenvolvido com base no *Core Competencies*, criado pela Associação Internacional de Ergonomia (IEA, 2021). Além desta, as principais competências desenvolvidas por estratégias de aprendizagem ativa em Saúde e Segurança Ocupacional (SSO) encontradas por Rodeghiero Neto e Amaral (2024) também foram investigadas. As bases para a utilização destes questionários foram originadas de Behm et al. (2014), Cerezo-Narváez et al. (2019) e Page e Stanley (2014), que utilizaram diferentes questionários de autoavaliação de competências em seus estudos.

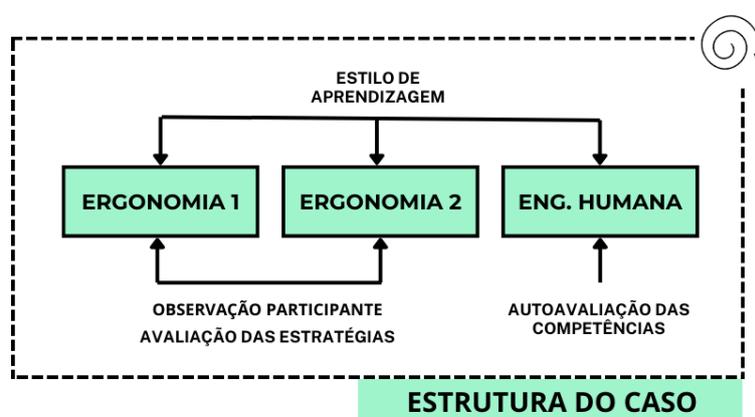
8.2.3 Desenho de pesquisa

Esta pesquisa contemplou três etapas distintas. A primeira delas foi a construção de três planos de ensino iniciais para cada uma das três disciplinas, no primeiro semestre do estudo. Os planos foram elaborados com base em documentos presentes na universidade e no curso de engenharia de produção na UFRGS, bem como a partir de pesquisa da literatura sobre as principais estratégias de aprendizagem utilizadas. Estes planos podem ser vistos no Apêndice E.

A segunda etapa contou com a aplicação das estratégias de aprendizagem nas três disciplinas. No início de cada disciplina, a coleta do estilo de aprendizagem pelo questionário ILS foi realizada. A observação participante realizada por dois professores, os quais possuem formação específica em ergonomia e engenharia e dois períodos de experiência distintos (um em início de carreira e outro com

mais de 25 anos de experiência na área). A avaliação das estratégias de aprendizagem pelos estudantes foi realizada ao final das disciplinas de Ergonomia 1 e Ergonomia 2, por um roteiro apresentado no Apêndice F. Já a autoavaliação do desenvolvimento das competências relacionadas à ergonomia foi realizada no final da disciplina de Engenharia Humana e Sociotécnica, visto que neste momento os estudantes já teriam passado por todas as disciplinas de ergonomia do curso de Engenharia de Produção. A Figura 21 ilustra a estrutura de cada caso.

Figura 21 – Estrutura de avaliação do estudo multicaso



Ao longo deste estudo multicaso, os casos foram aplicados em seis semestres distintos, avaliando as três disciplinas, dos anos de 2021 até 2023. Esta análise contemplou um período de dois semestres durante a pandemia de Covid-19. Ao final de cada caso, os professores se reuniam para discutir as estratégias utilizadas e quais alterações poderiam ser realizadas, no intuito de melhorar os encontros durante as aplicações.

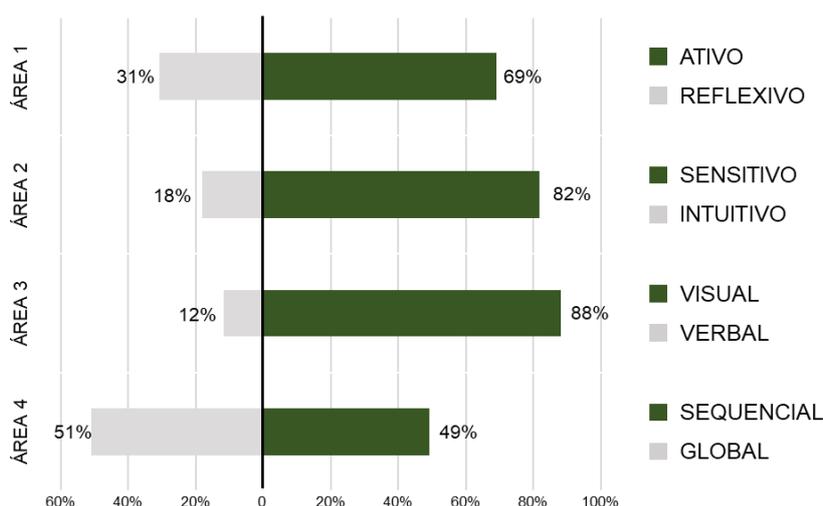
Por fim, a terceira etapa contou com a análise dos resultados obtidos nos quatro critérios coletados. Para os questionários, estatísticas descritivas foram aplicadas para analisar os resultados obtidos. Quanto à observação, diferentes reuniões entre os professores foram efetuadas para tomar a decisão final do funcionamento da estratégia e o seu respectivo motivo. Os resultados de cada instrumento foram comparados entre si, bem como com dados da literatura na discussão.

8.3 RESULTADOS

8.3.1 Estilo de aprendizagem dos estudantes

Os resultados quanto ao estilo de aprendizagem dos estudantes foram encontrados a partir de 110 respostas ao questionário *Index Learning Style*, desenvolvido por Felder e Silverman. Estes estudantes realizaram disciplinas de ergonomia, no curso de graduação em engenharia de produção, ao longo dos seis semestres de avaliação. Dentre os respondentes, 55% são homens e 45% são mulheres, com distribuição equilibrada ao longo dos semestres. A Figura 22 mostra os resultados para cada área do questionário.

Figura 22 – Resultados do questionário Index Learning Style para cada área



A primeira área mostra que a maioria dos estudantes apresenta um perfil ativo (70%). Isso mostra que estes estudantes preferem aprender aplicando, discutindo ou explicando o que foi visto, principalmente por uma experimentação ativa. Já os 30% restantes são ditos reflexivos, pois preferem processar calmamente e sozinhos sobre as informações obtidas. Destaca-se ainda que foram identificadas mais mulheres com perfil ativo do que homens. Válido ressaltar que 60% dos estudantes encontram-se na posição neutra da escala de intensidade.

Na segunda área, 82% dos estudantes se destacaram por serem sensitivos. Estes estudantes preferem aprender pela observação concreta e prática,

conectando o que foi visto em aula com a realidade. Ainda, 18% dos estudantes são intuitivos, pois gostam de lidar com abstrações e teorias a partir da imaginação. Além disso, 60% destes estudantes apresentaram uma escala superior a 5 pontos no quesito sensitivo.

Pela terceira área, a classificação que se destaca é a visual (88%). Os estudantes de engenharia de produção da universidade analisada tendem a aprender melhor a partir de figuras, gráficos, diagramas e esquemas. Os 12% restantes são ditos como verbais, que tendem a aprender pelas palavras e explanações de professores. Em relação aos níveis de intensidade, apenas um estudante é verbal com uma escala superior a cinco pontos.

A quarta área foi a mais equilibrada, pois 51% dos estudantes são globais e 49% são sequenciais. Estudantes globais aprendem o conteúdo de forma aleatória e conseguem resolver problemas complexos, mas têm dificuldade de explica-los aos demais. Já os estudantes sequenciais tendem a aprender com um passo a passo de maneira contínua de dificuldade, com facilidade de resolver problemas e explicar seu raciocínio. Entre os respondentes 70% encontram-se na escala neutra de intensidade.

8.3.2 Observação sistemática das estratégias por professores

Conforme mencionado na metodologia, 15 diferentes estratégias foram aplicadas durante este estudo multicaso. Estas estratégias foram inseridas em semestres distintos com diferentes tópicos vinculados ao plano de ensino das disciplinas de Ergonomia 1 e Ergonomia 2. O Apêndice G mostra a descrição detalhada quanto ao funcionamento destas estratégias, juntamente com o conteúdo relacionado e o semestre em que foram aplicadas. Esta avaliação foi feita simultaneamente por dois professores durante o estudo multicaso. Vale ressaltar que as opiniões dos professores convergem quanto ao resultado de aplicação de todas as estratégias de ensino.

Nove estratégias atingiram êxito quanto a sua aplicação pela avaliação dos professores. Para esta avaliação, as principais métricas destacadas foram o engajamento dos estudantes nas atividades e a competência desenvolvida a

partir da argumentação baseada em preceitos teóricos. A partir disto, comprovou-se que *Problem-based Learning* e *Project-based Learning* foram as estratégias que melhor funcionaram no ensino da ergonomia. Estas estratégias foram utilizadas também como métodos de avaliação da disciplina, ao levar os estudantes à investigação de diferentes problemas relacionados à ergonomia em sistemas produtivos reais.

Service-based Learning e *Accessibility Experiences* foram estratégias que também funcionaram para o ensino da ergonomia, devendo-se principalmente pela experimentação do conteúdo pelo estudante a partir de diferentes cenários reais de coleta e avaliação. Devido ao seu caráter simulado, abrangendo todas as características essenciais de análises dos problemas, as estratégias de *Scenario-based Learning* e *Mock Trial* também funcionaram para o ensino da ergonomia, enfatizando principalmente a aquisição de papéis profissionais do mercado de trabalho.

A estratégia de *Research-based Learning*, levando o estudante a pesquisa sobre a interrelação da ergonomia com as demais áreas do conhecimento, e a *Think-pair Share*, fazendo com que os estudantes debatessem sobre o conteúdo aprendido no decorrer do semestre, foram consideradas positivas pelos professores avaliadores. *Gamification*, com o uso de *quizzes* rápidos de ensino, funcionou principalmente pela diversão e fixação do conteúdo observado a partir da exposição dos estudantes.

O mesmo Apêndice G apresenta que seis estratégias de aprendizagem aplicadas não foram satisfatórias para o ensino da ergonomia – *Buzz “Big” and “Small” Group Discussion*, *Flipped Classroom*, *Case Study*, *Storytelling* e *Traditional*. Três motivos principais foram observados pelos professores para o não funcionamento das estratégias de aprendizagem: as limitações do ambiente físico na sala de aula, a falta de participação dos estudantes durante as aplicações das estratégias e as argumentações erradas, quanto as competências técnicas, durante as avaliações ao fim da aplicação da estratégia. Outro motivo observado para que estas estratégias de ensino não funcionassem foi a presença da subjetividade dos cenários aplicados aos estudantes. Isto

porque foram utilizados problemas estruturados, conhecidos pela adaptação restrita das características de situações reais para inserção em sala de aula, resulta em uma certa confusão durante a aplicação destas estratégias.

Pela observação sistemática, as estratégias tradicionais, baseadas na explicação verbal do professor, não trouxeram a participação e desenvolvimento de competências do estudante, sendo considerada como a pior estratégia aplicada. As *Buzz group discussion*, muito utilizadas junto de estratégias tradicionais, também não engajaram os estudantes. *Case Study e Flipped Classroom*, estratégias de aprendizagem ativa muito utilizadas na área de educação em engenharia, não funcionaram de acordo com a opinião dos professores para o ensino da ergonomia.

É válido ressaltar que foi observada uma falta de comprometimento dos estudantes ao não realizar as leituras prévias aos encontros e pela falta de interesse nos casos analisados em diferentes semestres. Estas questões são essenciais para que algumas das estratégias de aprendizagem aplicadas funcionem, visto que demanda a execução de atividades individuais em ambientes externos a sala de aula. Outro fator constatado por verbalizações dos estudantes é que as realizações das atividades propostas pelas estratégias de aprendizagem não geram notas para o conceito final da disciplina, não os encorajando a participar das atividades.

8.3.3 Avaliação crítica das estratégias pelos estudantes

Para a avaliação da opinião dos estudantes, um questionário com todas as estratégias de ensino foi aplicado com duas vertentes distintas: o auxílio para o desenvolvimento da competência (DC) e a transformação em um encontro mais atrativo (AT). Aplicado ao final das disciplinas de Ergonomia 1 e Ergonomia 2, o questionário serviu de coleta da compreensão do estudante sobre o semestre. Ao todo, 183 respostas foram coletadas. A Tabela 04 mostra a média das respostas encontradas, onde os valores máximos e mínimos são, respectivamente, sete e um. Na tabela, os quatro melhores e piores valores para cada um dos quesitos foram destacados em cores distintas.

Tabela 04 – Avaliação das estratégias de aprendizagem pelos estudantes

ERGONOMIA 1			ERGONOMIA 2		
ESTRATÉGIA DE ENSINO	DC	AT	ESTRATÉGIA DE ENSINO	DC	AT
<i>Problem-based Learning</i>	6,54	6,39	<i>Service-based Learning 1</i>	6,82	6,82
<i>Scenario-based Learning 1</i>	6,54	5,90	<i>Think-pair Share</i>	6,79	6,80
<i>Think-pair Share</i>	6,47	5,91	<i>Service-based Learning 2</i>	6,70	6,66
<i>Case Study</i>	6,29	6,06	<i>Mock Trial</i>	6,69	6,60
<i>Service-based Learning</i>	6,28	6,10	<i>Accessibility Experiences</i>	6,66	6,75
<i>Storytelling</i>	6,23	6,17	<i>Scenario-based Learning</i>	6,59	6,69
<i>Scenario-based Learning 2</i>	6,10	5,84	<i>Flipped Classroom</i>	6,50	6,50
<i>Gamification</i>	6,02	6,27	<i>Problem-based Learning</i>	6,42	6,52
<i>Research-based Learning</i>	5,81	5,28	<i>Project-based Learning</i>	6,36	6,33
<i>Buzz "Small" Group Discussion</i>	5,59	5,41	<i>Storytelling</i>	6,25	6,08
<i>Buzz "Big" Group Discussion</i>	5,41	5,39	<i>Case Study</i>	6,00	6,00
<i>Flipped Classroom</i>	5,32	4,74	<i>Buzz "Big" Group Discussion</i>	5,25	5,00
<i>Traditional</i>	5,25	4,72	<i>Traditional</i>	5,22	4,90

Para as turmas de Ergonomia 1, a estratégia *Problem-based Learning* foi a melhor avaliada nos dois quesitos. Corroborando com a opinião dos professores, esta estratégia foi a que melhor se destacou, sendo utilizada para a elaboração do trabalho final. Ainda, quanto ao desenvolvimento de competências, as estratégias de *Scenario-based Learning*, *Case Study* e *Think-pair Share* foram também bem avaliadas, sendo usadas para o ensino de Análise Ergonômica do Trabalho e para o fechamento da disciplina, respectivamente. Pela segunda avaliação para a transformação da aula em mais atrativo para aprender, as estratégias de *Gamification*, *Storytelling* e *Service-based Learning* foram melhores avaliadas, sendo utilizadas para atividade de conceituação da ergonomia, legislações e ergonomia física.

Para as turmas de Ergonomia 2, as estratégias de dois cenários de *Service-based Learning* foram melhores avaliadas pela percepção de desenvolvimento de competências. Utilizadas em problemas de análise e coleta de fatores físico-ambientais e ergonomia cognitiva, as competências foram trabalhadas a partir de dois cenários distintos de coletas. As dinâmicas de *Think-pair Share* e *Mock Trial*, que permitem a discussão dos estudantes para o desenvolvimento das

competências, também foram avaliadas como positivas. Nestes estudos de caso, elas foram utilizadas nas aulas de fechamento da disciplina e o ensino da segurança do trabalho, respectivamente.

Para a transformação em uma aula mais atrativa, as estratégias de *Service-based Learning* e *Think-pair Share* tiveram as maiores notas. As *Accessibility Experiences* e o *Scenario-based Learning*, com o ensino de Avaliação Ergonômica Preliminar, também foram estratégias destacadas pelos estudantes que transformaram a aula em mais atrativo para desenvolver o conteúdo.

Em ambas as disciplinas, é consenso entre os estudantes que a pior estratégia de ensino é a tradicional, tanto para o desenvolvimento do conteúdo quanto para a atratividade do ensino. Além da abordagem tradicional, a estratégia de dinâmica de discussão em grandes grupos não motivou os estudantes e nem os levou a desenvolver diferentes competências. Estratégias de aprendizagem ativa demonstradas com frequência na literatura, como *Flipped Classroom*, *Storytelling* e *Case Study*, também apareceram com avaliações baixas.

Ao final do questionário, uma afirmativa foi adicionada: 'a utilização de diferentes estratégias de aprendizagem ativa fez com que os conceitos fossem melhor apresentados e que meu conhecimento fosse melhor adquirido'. Com o valor máximo de 7, a média do escore obtido nas afirmativas foi de 6,8. Isto corrobora com o fato dos estudantes aceitarem estas estratégias de aprendizagem ativa no ensino, tendo maior preferência quando comparada as tradicionais.

8.3.4 Autoavaliação do desenvolvimento de competências dos estudantes

Ao final das três disciplinas vinculadas à ergonomia, os estudantes responderam um questionário para avaliar as competências desenvolvidas ao longo de sua formação. Por ser uma formação optativa dentro do curso, a disciplina de Engenharia Humana e Sociotécnica teve 41 estudantes até a presente data do estudo e estes responderam o questionário, realizando uma autoavaliação relacionada às competências do IEA, bem como as competências transversais mais destacadas na literatura. O Quadro 07 mostra os resultados obtidos pela pesquisa, tendo como nota máxima sete pontos.

Quadro 07 – Autoavaliação das competências técnicas e transversais pelos estudantes

COMPETÊNCIAS IEA						
UNIDADES	μ		COMPETÊNCIA	μ	σ	GRÁFICO DE COMPETÊNCIAS
1 Conhecimento Básico	6,17	1	Entender os conceitos teóricos e os princípios científicos biológicos, físicos e ambientais relevantes para ergonomia – física	5,88	1,05	
		2	Entender os conceitos teóricos e os princípios comportamentais, sociais e emocionais relevantes para ergonomia – cognitiva	6,22	0,76	
		3	Entender os conceitos básicos de engenharia relevantes para a ergonomia e suas relações	6,05	1,12	
		4	Entender os conceitos básicos de gestão relevantes para ergonomia – organizacional	6,54	0,84	
2 Competências de Medição	6,01	5	Aplicar uma abordagem de sistemas holísticos para a análise	6,24	0,99	
		6	Identificar os fatores que influenciam na saúde e performance em diversos contextos	6,39	0,80	
		7	Analisar as diretrizes, normas e legislações que influenciam aspectos da atividade	5,17	1,22	
		8	Demonstrar entendimento dos métodos de medição para a avaliação da ergonomia	6,22	0,76	
3 Competências de Avaliação	6,44	9	Apreciar a diversidade humana influenciando o projeto	6,63	0,58	
		10	Avaliar produtos ou atividades em relação aos usuários	6,41	0,84	
		11	Identificar áreas e tarefas de alto risco potencial ou existente	6,27	0,84	
4 Competências de Recomendação	6,08	12	Adotar uma visão de sistema holístico da ergonomia no desenvolvimento de soluções	6,22	0,91	
		13	Descrever adequada e cientificamente recomendações válidas para o design	5,95	0,97	
		14	Entender emergências e como considerar elas dentro do design do processo	5,88	0,93	
		15	Entender a importância de uma abordagem participativa para o design de soluções	6,34	0,88	
		16	Entender que fazer um design adequado para todos é raramente alcançável	6,34	0,99	
		17	Entender a hierarquia de sistemas de controle e criar um design metodológico para desenvolvimento de sistemas	5,73	1,25	
5 Competências de Implementação	6,20	18	Comunicar-se efetivamente de maneira participativa com clientes de todos os envolvidos	6,22	0,85	
		19	Gerenciar mudanças de forma eficiente e efetiva	6,15	0,99	
		20	Entender como promover retornos das descobertas e recomendações	6,22	0,91	
6 Competências Científicas	6,21	21	Entender e ser capaz de aplicar o básico de coleta e análise de dados, incluindo metodologias e estatísticas experimentais	6,27	1,00	
		22	Avaliar efetivamente os resultados da intervenção ou design de ergonomia	6,15	0,88	
7 Competências Profissionais	6,52	23	Mostrar compromisso com a ética prática e altos padrões de desempenho	6,59	0,59	
		24	Agir de acordo com as exigências legais	6,29	0,72	
		25	Reconhecer forças e limitações pessoais e profissionais	6,71	0,60	
		26	Demonstrar aprendizagem contínua dos conhecimentos da ergonomia	6,32	0,85	
		27	Ter um conceito claro de identidade profissional e reconhecer o impacto da ergonomia na vida das pessoas	6,71	0,56	
COMPETÊNCIAS TRANSVERSAIS						
UNIDADES	μ		COMPETÊNCIA	μ	σ	GRÁFICO DE COMPETÊNCIAS
Competências Transversais	6,46		Trabalho em equipe	6,71	0,56	
			Comunicação, discussão e debate	6,59	0,63	
			Pensamento crítico	6,59	0,71	
			Solução de problemas	6,54	0,67	
			Pensamento sistêmico	6,49	0,81	
			Tomada de decisão	6,46	0,74	
			Responsabilidade social	6,44	0,84	
			Aprendizado contínuo e duradouro	6,37	0,99	
			Motivação	6,22	0,82	
			Criatividade	6,17	0,92	

Pela pesquisa foi possível identificar que o grupo de competências profissionais foi o melhor avaliado quanto ao desenvolvimento nas disciplinas. As competências de 'reconhecer forças e limitações pessoais e profissionais' e 'ter um conceito claro de identidade profissional e reconhecer o impacto da ergonomia na vida das pessoas' foram as melhores avaliadas pelos estudantes. Além disto, 'apreciar a diversidade humana influenciando o projeto' também apareceu com uma nota superior as demais, devido principalmente às aulas de antropometria e acessibilidade.

Duas competências tiveram conceitos menores durante a autoavaliação pelos estudantes. A competência de 'analisar as diretrizes, normas e legislações que influenciam aspectos da atividade' foi aquela com a avaliação mais baixa, mesmo existindo aulas de discussão sobre as Normas Regulamentadoras 1, 15, 16 e 17, por exemplo. Ainda, outra competência com uma nota inferior foi 'entender os conceitos teóricos e os princípios científicos biológicos, físicos e ambientais relevantes para ergonomia (física)', mesmo existindo mais de 10 aulas específicas para este conteúdo ao longo da formação.

Quanto às competências transversais principais, o trabalho em equipe foi a competência melhor desenvolvida pela percepção dos estudantes. Isto pode ser um reflexo claro da utilização de estratégias de aprendizagem ativa, visto que a maioria destas utilizam atividades em grupos. Em contrapartida, a criatividade foi a competência com a menor nota de desenvolvimento, divergindo do esperado pelos exercícios de proposição e soluções de melhoria.

8.4 DISCUSSÃO

A aceitação de estratégias de ensino depende de diversos fatores tais como o conhecimento do professor nas estratégias e sua adaptação aos conteúdos de aula (Belwal et al., 2020; Brachmann et al., 2020), a resistência do estudante, sua participação e o desenvolvimento de competências (Borrego et al., 2013; Heriot et al., 2008), o ambiente físico favorável para a realização da atividade (Peng et al., 2022). Desta maneira, o presente estudo coletou a partir de quatro

diferentes critérios sobre esta aceitação pela percepção dos estudantes e dos professores, comparando também com os achados da literatura.

Primeiramente, é importante destacar que os estudantes apresentaram um estilo de aprendizagem muito semelhante às características da aprendizagem ativa. Diferentes pesquisas já relataram que isto é comumente observado em estudantes de engenharia (Jackson e O'Sullivan, 2010; Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018; Romoser, 2021; Pizzolato et al., 2022). Sob esta mesma ótica, destaca-se que as características sensitivas e visuais também se mostraram elevadas para o grupo de estudantes avaliados, confirmando a preferência por estratégias de aprendizagem ativa (Tulsi e Poonia, 2016; Abdelhadi et al., 2019). Deste resultado já pode-se constatar que o primeiro fator corrobora a aceitação comum da aprendizagem ativa pelos estudantes de ergonomia em cursos de engenharia de produção.

Os resultados obtidos pelo questionário de estilo de aprendizagem podem ser comprovados pela percepção dos estudantes na avaliação das estratégias de aprendizagem utilizadas. As notas elevadas na avaliação comprovam a preferência dos estudantes, tanto em relação ao desenvolvimento de competências quanto a atratividade de sala de aula. O perfil ativo dos estudantes contraria os resultados obtidos por Ashford et al. (2003) e Schall Jr. et al. (2011), onde foram encontrados perfis neutros para estudantes de ergonomia.

Dentro das estratégias utilizadas, pôde-se perceber que muitas delas assemelham-se às etapas de metodologias utilizadas na ergonomia. Corroborando diferentes trabalhos (Moody, 2011; Page e Stanley, 2014; Maluly et al., 2023) estratégias como *Problem-based Learning* e *Project-based Learning* possuem relação intensa no ensino da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e a Avaliação Ergonômica Preliminar (AEP). Recomendadas para o ensino da ergonomia (Reinhold et al., 2014; Echternacht e Santos, 2017), estas estratégias funcionaram no desenvolvimento de competências essenciais para o ensino da ergonomia, tanto pela percepção dos professores quanto dos estudantes.

As estratégias de aprendizagem ativa aclamadas na literatura, como *Case Study Flipped Classroom* e *Research-based Learning* (Lucke et al., 2017; Behm et al.,

2014; Rieg et al., 2022; Yan et al., 2018; Casanovas et al., 2022) não funcionaram para o ensino da ergonomia em algum aspecto avaliado. Por verbalizações destacadas durante os encontros, os estudantes relataram que preferem não ter atividades para serem realizadas fora dos horários de aula. O engajamento e o comprometimento junto da estratégia de aprendizagem pelos estudantes são necessários para atingir o sucesso das aulas, sendo um desafio em ambiente universitário (Shekhar e Borrego, 2018; Lewis e Bryan, 2021).

Em relação ao estudo de caso, houve divergências pela avaliação das turmas. Em Ergonomia 1, os estudantes avaliaram a estratégia de maneira positiva, mas, nas disciplinas de Ergonomia 2 e pela visão dos professores, a estratégia não garantiu o desenvolvimento de competências e a atratividade ao aprender. As divergências ocorreram, pois, os estudos de caso precisam investigar as características de dentro e fora da organização, além de considerar objetivos e orientações futuras (Yadav et al., 2010; Popil, 2011; Afsouran et al., 2018).

A *Research-based Learning*, de acordo com a opinião dos professores, atingiu o esperado. Contata-se que esta estratégia permite, de forma interdisciplinar, a investigação na literatura de diferentes hipóteses de pesquisa para gerar novas ideias para problemas (Blume et al., 2015; Camacho et al., 2017; Rieg et al., 2022). Ainda assim, o desenvolvimento de competências associadas a esta aula foi baixo, bem como a atratividade dos estudantes em aprender nesta estratégia.

A *Buzz Group Discussions* são estratégias comumente utilizadas por professores em sala de aula, consideradas melhor que o ensino tradicional (Kumbhar et al., 2020) sem muitas vezes saber que é uma estratégia de aprendizagem ativa. A partir de discussões em pequenos grupos sobre um determinado problema (Huxham, 2005), as aulas são consideradas mais interativas (Young et al., 2009), levando os estudantes ao debate interno. Ainda assim, nesta análise, estas estratégias não foram bem avaliadas pelos professores e pelos estudantes, não contribuindo para o desenvolvimento da competência.

Scenario-based Learning (Jaeger e Adair, 2016; Grohs et al., 2018), *Service-based Learning* (Ropers-huilman et al., 2005; Dukhan et al., 2008; Queiruga-Dios

et al., 2021) e *Think-pair Share* (Ali e Sharab, 2023; Mossayebi e Ekoniak, 2019) foram 3 estratégias que tiveram altos índices de aprovação dos professores e estudantes. A partir de seus diferentes cenários para exercitar a prática da ergonomia, as estratégias garantiram a atratividade e o desenvolvimento de competências. Por não ser largamente utilizada como as demais, o resultado demonstra que estas estratégias podem ser utilizadas no ensino da ergonomia.

Isto também comprova que a participação dos estudantes em sala de aula com estratégias de aprendizagem ativa é maior (Shekhar e Borrego, 2018; Urgo et al., 2022). A nota superior de todas as estratégias de aprendizagem ativa quando comparada às abordagens tradicionais é evidente, demonstrando a preferência do estudante. Assim, mesmo existindo diferentes limitações (Ahmed e Sayed, 2020), no contexto da atratividade do aprendizado, as estratégias ativas são melhores (Pistolato et al., 2020).

O benefício das estratégias de aprendizagem ativa não está somente no ambiente gerado, mas também no desenvolvimento de competências (Brum et al., 2017). As competências transversais, tão demandadas pelo mercado de trabalho (Lima et al., 2017), foram testadas para verificar seus desenvolvimentos ao longo dos três anos de estudo, principalmente pela percepção dos estudantes, conforme estudos semelhantes que usaram questionários de autoavaliação (Behm et al., 2014; Din e Gibson Jr., 2019).

As competências transversais de trabalho em equipe, comunicação e debate, o pensamento crítico e a solução de problemas tiveram notas altas no desenvolvimento pela autoavaliação dos estudantes. Pelas estratégias de aprendizagem ativa, estas competências são melhores desenvolvidas (Magana et al., 2022; Belwal et al., 2020; Sánchez-Lite et al., 2022) devido às atividades em grupo, a argumentação frente aos questionamentos dos professores e a proposição de melhorias.

Em relação ao desenvolvimento de competências essenciais da ergonomia, percebe-se que os estudantes desenvolveram de maneira satisfatória (acima de seis pontos) a maioria das competências descritas no *Core Competencies* do IEA. As competências técnicas e transversais descritas no documento são

essenciais a um profissional da área (Tey e Graf, 2018; IEA, 2021) e garante que estes futuros engenheiros de produção possam atuar nas áreas relacionadas aos fatores humanos em diferentes empresas (Oakman et al., 2020).

Duas competências se destacaram de maneira negativa: aquela vinculada à ergonomia física e aquela vinculada às normas e diretrizes técnicas. Seu baixo desenvolvimento (notas 5,8 e 5,2, respectivamente) são desproporcionais ao número de aulas destinados a estes conceitos. Conforme descrito no Apêndice E, 17 encontros com discussões sobre ergonomia física são realizados ao longo da formação, sendo o tópico da ergonomia mais debatido nos semestres.

Ainda, pode-se observar que as estratégias de aprendizagem utilizadas para o ensino da competência de ergonomia física foram as melhores avaliadas pelos estudantes para o desenvolvimento de competência (e.g. *Scenario-based Learning* e *Problem-based Learning*). Já para a competência de normas e diretrizes da ergonomia, as estratégias de aprendizagem utilizadas também tiveram as menores notas referente à atratividade e o desenvolvimento de competência (*Research-based Learning*). Outras competências tiveram poucos encontros para serem trabalhadas, como as competências técnicas vinculadas à ergonomia do produto, acessibilidade e segurança do trabalho. Ainda assim, para os estudantes, estas competências tiveram altos conceitos na autoavaliação realizada.

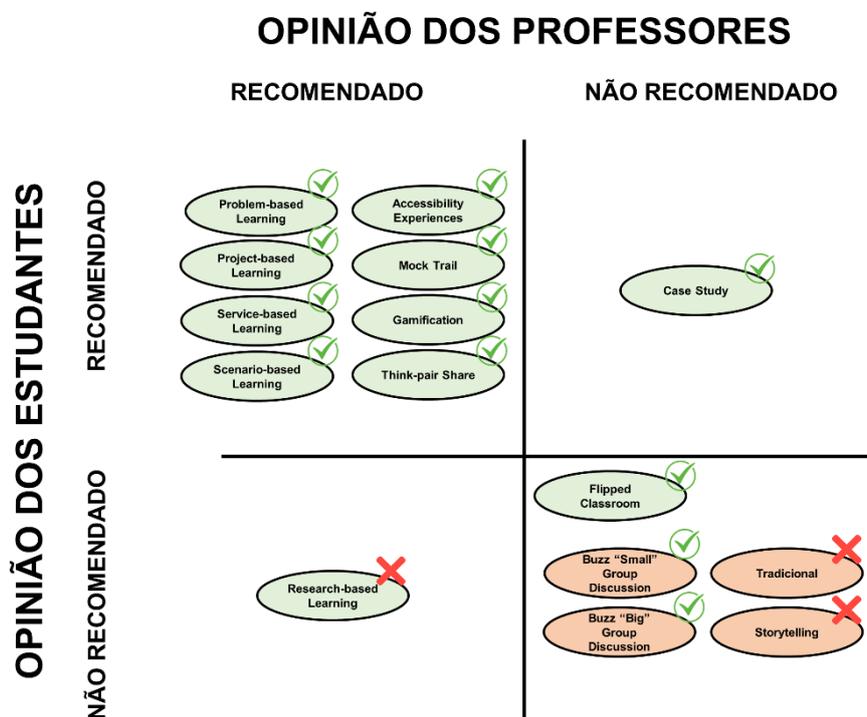
Semelhante às competências técnicas descritas, a competência transversal de criatividade foi a menos bem avaliada na etapa das competências originadas pela Revisão Sistemática da Literatura (Rodeghiero Neto e Amaral, 2024). Bastante exercitada por estratégias de aprendizagem ativa (Bodnar et al., 2016) e na ergonomia, pelas proposições e soluções de melhoria do sistema de trabalho (Dul e Ceylan, 2011; Oppert et al., 2022), os estudantes consideram que esta competência não foi tão trabalhada quanto às demais nos semestres.

Por fim, esta pesquisa comprova a preferência de estratégias de aprendizagem ativa em detrimento de abordagens tradicionais por diferentes percepções (Brum et al., 2017). A educação em engenharia é historicamente vinculada à abordagens tradicionais (Suraishkumar, 2018), e diferentes frentes de pesquisa

tem buscado alterar este pensamento (Gabelica e Fiore, 2013; Freeman et al., 2014, Lima et al., 2024). Nesta ótica, a pesquisa destaca que estratégias de aprendizagem ativa aumentam a atratividade dos encontros e o desenvolvimento de competências técnicas e transversais. Além disto, as soluções para problemas reais não podem ser encontradas em aulas com abordagens tradicionais (Qattawi et al., 2021).

Desta maneira, após o comparativo destes quatro quesitos de análise, este estudo certifica-se que estratégias de aprendizagem ativa podem ser utilizadas para o ensino da ergonomia em cursos de engenharia de produção. Pode-se destacar que todas as estratégias de aprendizagem ativa testadas garantem um ambiente mais propício para o desenvolvimento de competências e aumento da atratividade e engajamento dos estudantes, principalmente quando comparadas com as estratégias tradicionais. Diante do exposto e discutido, a Figura 22 apresenta um quadro resumo das análises.

Figura 22 – Resumo das estratégias de ensino utilizadas no ensino da ergonomia



Neste quadro, quando o círculo é apresentado em verde, a estratégia possui características semelhantes às dimensões ativas e sensíveis do *Index Learning*

Style aplicado com os estudantes. Quando apresentadas em vermelho, as estratégias apresentam características reflexivas e intuitivas apresentadas neste questionário. Por fim, o *check* apresentado significa que, no uso daquela estratégia, as competências do IEA esperadas no encontro foram desenvolvidas; já aquelas com o “x vermelho”, as competências esperadas não foram desenvolvidas.

Portanto, este estudo também recomenda o uso de oito estratégias de aprendizagem ativa que funcionaram para o ensino da ergonomia: *Problem-based Learning*, *Project-based Learning*, *Service-based Learning*, *Scenario-based Learning*, *Accessibility Experiences*, *Mock Trial*, *Gamification* e *Think-pair Share*. Estas estratégias superaram as expectativas nas quatro avaliações realizadas e garantem, por diferentes perspectivas, que são aceitas para o ensino da ergonomia em engenharia de produção.

8.5 CONCLUSÃO

Avaliar a percepção da aceitação das estratégias de aprendizagem ativa é necessário, principalmente para incentivar sua utilização no ensino da ergonomia em cursos de graduação. Diante disto, este estudo buscou realizar esta investigação, a partir de um multicaso em um curso de engenharia de produção. Quatro critérios foram utilizados para analisar a aceitação: o estilo de aprendizagem, a observação dos professores, a percepção dos estudantes e o desenvolvimento de competências.

Frente ao exposto é possível concluir que as estratégias de aprendizagem ativa podem ser utilizadas no ensino da ergonomia, em cursos de engenharia de produção. Diante dos quatro critérios de investigação, oito estratégias obtiveram uma avaliação (*Problem-based Learning*, *Project-based Learning*, *Service-based Learning*, *Scenario-based Learning*, *Accessibility Experiences*, *Mock Trial*, *Gamification* e *Think-pair Share*). O estudo também comprova que as estratégias tradicionais de ensino não são atrativas para os estudantes, bem como não

desenvolvem as competências necessárias tão bem como as estratégias de aprendizagem ativa.

Como limitações, este estudo investigou o ensino da ergonomia apenas para cursos de engenharia de produção. Devido à multidisciplinaridade, a ergonomia é ensinada em outros cursos de graduação de diferentes formas, sendo necessária sua avaliação de forma similar. A análise do desenvolvimento de competências foi feita a partir da autoavaliação dos estudantes, não sendo utilizadas outras formas avaliativas neste estudo para verificar a aquisição do conhecimento.

Desta maneira, para trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento e aplicação de diferentes abordagens para avaliação de competências dos estudantes. Neste caso, a avaliação das competências poderá ser observada também pela percepção dos professores, semelhante à aceitação da utilização de estratégias de aprendizagem ativa.

REFERÊNCIAS

- Abib, G., Hoppen, N., Hayashi J., P., 2013. Observação participante em estudos de administração da informação no Brasil. **Revista de Administração de Empresas** 53 (6). <https://doi.org/10.1590/S0034-759020130608>.
- Abdelhadi, A., Ibrahim, Y., Nurunnabi, M., 2019. Investigating Engineering Student Learning Style Trends by Using Multivariate Statistical Analysis. **Education Science** 9 (58), 1-12. <https://doi.org/10.3390/educsci9010058>.
- Afsouran, N. R., Charkhabi, M., Siadat, S. A., Hodeiva, R., Oreyzi, H. R., Thornton III, G. C., 2018. Case-method teaching: advantages and disadvantages in organizational training. **Journal of Management Development**. <https://doi.org/10.1108/JMD-10-2017-0324>.
- Aguiar, J. J. B., Fechine, J. M., Costa, E. B., 2015. Utilização do Índice de Estilos de Aprendizagem de Felder-Soloman em Turmas de Nível Técnico, Graduação e Pós-Graduação em Computação. **XXIII Workshop sobre Educação em Computação (WEI) - XXXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC)**, Recife, Brasil. <https://doi.org/10.5753/wei.2015.10250>.
- Ahmed, A., Sayed, K., 2020. Development of competency-based training system in Assiut- ITEC: A case study. **The Journal of Competency Based Education** 5 (3), 1-12. <http://doi.org/10.1002/cbe2.1217>.
- Ali, M., Sharab, J., 2023. The evaluation of the problem-based approach with Think-Pair-Share method for teaching in Electronics Engineering Technology Program. **Proceedings of 2023 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)**. <https://doi.org/10.1109/FIE58773.2023.10343044>.
- Ashford, T. S., Shehab, R. L., Rhoads, T. R., Court, M. C., 2003. A survey of learning styles of engineering students. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 47th Annual Meeting 2003** (6), 870-4. <http://dx.doi.org/10.1177/154193120304700607>
- Bar, M. A., Ratzon, N. Z., 2016. Enhancing Occupational Therapy Students' Knowledge, Competence, Awareness, and Interest in Accessibility. **Hong Kong Journal of Occupational Therapy** 27 (1). <https://doi.org/10.1016/j.hkjot.2016.04.001>.
- Barabanova, S. V., Nikonova, N. V., Pavlova, I. V., Shagieva, R. V., Suntsova, M. S., 2020. Using Active Learning Methods Within the Andragogical Paradigm. In: Auer, M., Hortsch, H., Sethakul, P. (eds) The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education. ICL 2019. **Advances in Intelligent Systems and Computing** 1134. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40274-7_54
- Barbosa, L. H., Pinheiro, M. H. C., 2012. Teaching ergonomics to undergraduate physical therapy students: new methodologies and impressions of a Brazilian experience. **Work** 41, 4790-4. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0765-4790>.
- Behm, M., Culvenor, J., Dixon, G., 2014. Development of safe design thinking among engineering students. **Safety Science** 63, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.10.018>.
- Belwal, R., Belwal, S., Sufian, A., Badi, A., 2020. Project-based learning (PBL): outcomes of students' engagement in an external consultancy project in Oman. **Education + Training** 63 (3), 336-59. <https://doi.org/10.1108/ET-01-2020-0006>.
- Benjaoran, V., Bhokha, S., 2010. An integrated safety management with construction management using 4D CAD model. **Safety Science** 48 (3), 395-403. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.09.009>.
- Bergmann, M. M., 2008. **Advances in Mixed Methods Research: Theories and Applications**. SAGE Publications: London, 1st ed, 199 p. ISBN: 978-1-4129-4808-1.
- Bi, Y., Reid, T., 2017. Evaluating students' understanding of statics concepts using eye gaze data. **International Journal of Engineering Education** 33 (1), 225–235.

- Black, N. L., Neumann, W. P., Noy, I., Dewis, C., 2023. Applying ergonomics and human factors to congress organization in uncertain times. **Applied Ergonomics** 106, 103862. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103862>.
- Blickensderfer, B. L., Boquet, A. J., Brunelle, N. D., Pharmed, J. A., Shappell, S. A., 2010. Teaching the Future Human Factors and Ergonomics Professionals to Solve Practical Problems. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting** 54 (8), 684-687. <https://doi.org/10.1177/154193121005400808>.
- Blume, S., Madanchi, N., Böhme, S., Posselt, G., Thiede, S., Herrmann, C., 2015. Die Lernfabrik – Research-based Learning for Sustainable Production Engineering. **Procedia CIRP** 32, 126-31. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.113>.
- Bodnar, C. A., Anastasio, D., Enszer, J. A., Burkey, D. D., 2016. Engineers at Play: Games as Teaching Tools for Undergraduate Engineering Students. **Journal of Engineering Education** 105 (1), 147-200. <http://doi.org/10.1002/jee.20106>.
- Borrego, M., Karlin, J., McNair, L. D., Beddoes, K., 2013. Team Effectiveness Theory from Industrial and Organizational Psychology Applied to Engineering Student Project Teams: A Research Review. **Journal of Engineering Education** 102 (4), 472-512. <https://doi.org/10.1002/jee.20023>.
- Børte, K., Nesje, K., Lillejord, S., 2023. Barriers to student active learning in higher education. **Teaching in Higher Education** 28 (3), 597-615. <https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1839746>.
- Brachmann, L. A., Cordeiro, P., Tinoco, M. A. C., ten Caten, C. S., 2020. Práticas pedagógicas ativas no ensino de engenharia de produção: perspectiva dos alunos. In: **Book Relatos de Experiências em Engenharia de Produção 2020** cap 2, 23-32. <http://dx.doi.org/10.14488/encep.9786588212004.23-32>.
- Brasil. Ministério da Educação, 2019. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares do Curso de Graduação em Engenharia**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Seção 1, 43.
- Brum, K. F., Purcidonio, P. M., Ferreira, M. L. A., 2017. Aprendizagem ativa no ensino de engenharia de métodos: uma experiência no CEFET/RJ. **Revista Produção Online** 17 (3), 956-73. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v17i3.2739>.
- Camacho, M., Valcke, M., Chiluíza, K., 2017. Research based learning in higher education: a review of literature. **Proceedings of 11th International Technology, Education and Development Conference**, Valencia, Spain. 4188-97. <https://doi.org/10.21125/inted.2017.1004>.
- Cardoso, A., Colim, A., Bicho, E., Braga, A. C., Menozzi, M., Arezes, P., 2021. Ergonomics and Human Factors as a Requirement to Implement Safer Collaborative Robotic Workstations: A Literature Review. **Safety** 7 (4), 71. <https://doi.org/10.3390/safety7040071>.
- Casanovas, M. M., Ruíz-Munzón, N., Buil-Fabregá, M., 2022. Higher education: the best practices for fostering competences for sustainable development through the use of active learning methodologies. **International Journal of Sustainability in Higher Education** 23 (3). <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2021-0082>.
- Cauchick-Miguel, P. A., 2007. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production** 17 (1), 216-229. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132007000100015>.
- Cerezo-Narváez, A., Córdoba-Roldán, A., Pastor-Fernández, A., Aguayo-González, F., Otero-Mateo, M., Ballesteros-Pérez, P., 2019. Training Competences in Industrial Risk Prevention with Lego® Serious Play®: A Case Study. **Safety** 5 (4). <https://doi.org/10.3390/safety5040081>.
- Chiquito, M., Castedo, R., Santos, A. P., López, L. M., Alarcón, C., 2020. Flipped classroom in Engineering: The influence of gender. **Computer Applications in Engineering Education** 28 (1), 80-9. <https://doi.org/10.1002/cae.22176>.
- Colim, A., Carneiro, P., Carvalho, J. D., Teixeira, S., 2022. Occupational Safety & Ergonomics training of Future Industrial Engineers: A Project-Based Learning Approach. **Procedia Computer Science** 204, 505-12. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.119>.

- Din, Z., Gibson Jr., G., 2019. Serious games for learning prevention through design concepts: An experimental study. **Safety Science** 115, 176-87. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.02.005>.
- Dinis-Carvalho, J., Fernandes, S., Lima, R. M., Mesquita, D., Costa-Lobo, C., 2017. Active learning in higher education: developing projects in partnership with industry. **Proceedings of 11th International Technology, Education and Development Conference**, Valencia, Spain. 1695-704. <https://doi.org/10.21125/inted.2017.0529>.
- Duarte, W. A. H., Bernal, L. G. G., 2020. Teaching-Learning Ergonomics in Virtual and Distance Education: Bibliometric Review. In: Nazir, S., Ahram, T., Karwowski, W. (eds) *Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences*. AHFE 2020. **Advances in Intelligent Systems and Computing** 1211. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50896-8_17.
- Dukhan, N., Schumack, M. R., Daniels, J. J., 2008. Implementation of service-learning in engineering and its impact on students' attitudes and identity. **European Journal of Engineering Education** 33 (1), 21-31. <http://dx.doi.org/10.1080/03043790701746132>.
- Dul, J., Ceylan, C., 2011. Work environments for employee creativity. **Ergonomics** 54 (1), 12-20. <https://doi.org/10.1080/00140139.2010.542833>.
- Echternacht, E.; Santos, G. H., 2017. Análise ergonômica do trabalho como ferramenta de análise organizacional: um estudo de caso sobre as práticas de ensino/aprendizagem da ergonomia na engenharia de produção. **Revista Ação Ergonômica** 12 (2). <http://dx.doi.org/10.4322/rae.v12n2.e201712>.
- Felder, R. M., Spurlin, J., 2005. Applications, reliability and validity of the Index of Learning Styles. **International Journal of Engineering Education** 21 (1), 103-112.
- Findeisen, S., Koerting, L., Schumacher, S., Eusterwiemann, T., Haemmerle, M., Pokorni, B., 2019. Classification Approach for Use Cases Within a Demonstration Factory Environment. **Procedia Manufacturing** 39, 106-16. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.249>.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., Wenderoth, M. P., 2014. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 111 (23), 8410-15. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>.
- Fuster-Guilló, A., Pertegal-Felices, M., Jimeno-Morenilla, A., Azorin-López, J., Rico-Soliveres, M., Restrepo-Calle, F., 2019. Evaluating Impact on Motivation and Academic Performance of a Game-Based Learning Experience Using Kahoot. **Frontiers in Psychology** 10, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02843>.
- Gabelica, C., Fiore, S. M., 2013. What can Training Researchers Gain from Examination of Methods for Active-Learning (PBL, TBL, and SBL). **Proceedings of 57th Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting**. <https://doi.org/10.1177/1541931213571100>.
- Gao, K., Zhou, K., Liang, Z., 2021. Information-Flow-Based Safety Education (IFSE): an Indispensable Perspective on Safety Education. **Journal of Civil Engineering and Management** 27 (7), 472-484. <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.15599>.
- Górska, E., Górska, A. K., 2019. Ergonomics Teaching Concept at Technical Universities on the Basis of Warsaw University of Technology. In: Bagnara, S., Tartaglia, R., Albolino, S., Alexander, T., Fujita, Y. (eds) **Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)**. IEA 2018. *Advances in Intelligent Systems and Computing* 826. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96065-4_71
- Grohs, J. R., Kirk, G. R., Soledad, M. M., Knight, D. B., 2018. Assessing systems thinking: A tool to measure complex reasoning through ill-structured problems. **Thinking Skills and Creativity** 28, 110-30. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.03.003>.

- Häusser, J. A., Schulz-Hardt, S., Mojzisch, A., 2014. The active learning hypothesis of the job–demand–control model: an experimental examination. **Ergonomics** 57 (1), 23-33. <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.854929>.
- Hassall, M. E., Lant, P., Cameron, I. T., 2020. Student perspectives on integrating industrial practice in risk and process safety education. **Education for Chemical Engineers** 32 (4), 59-71. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.04.002>.
- Heriot, K. C., Cook, R., Jones, R. C., Simpson, L., 2008. The Use of Student Consulting Projects as an Active Learning Pedagogy: A Case Study in a Production/Operations Management Course. **Decision Sciences Journal of Innovative Education** 6 (2), 463-81. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4609.2008.00186.x>.
- Hernandez, O K., Sushereba, C., Militello, L., San Miguel, C., Wolf, S., Allen, T. T., Patterson, E. S., 2024. Strategies for case-based training with virtual patients: An experimental study of the impact of integrating mental model articulation and self-reflection. **Applied Ergonomics** 118, 104265. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104265>.
- Hernández-de-Menéndez, M., Guevara, A. V., Martínez, J. C. T., Alcántara, D. H., Morales-Menendez, R., 2019. Active learning in engineering education. A review of fundamentals, best practices and experiences. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing** 13, 909-22. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00557-8>.
- Huxham, M., 2005. Learning in lectures: Do 'interactive windows' help? **Active Learning in Higher Education** 6 (1). <https://doi.org/10.1177/1469787405049943>.
- IEA, International Ergonomics Association, 2021. **Core competencies in human factors and ergonomics (HFE): professional knowledge and skills**. The IEA Press, 2021. ISBN: 978-0-9796435-4-5.
- IEA, International Ergonomics Association, 2024. **What is Ergonomics (HF)?** Disponível em: <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>. Acessado em fevereiro de 2024.
- Jackson, A., O'Sullivan, L., 2010. Learning styles of ergonomics students at undergraduate level and in industry. **Proceedings of 2nd International Conference on Education and New Learning Technologies**, Barcelona, Spain.
- Jaeger, M., Adair, D., 2016. Time pressure in scenario-based online construction safety quizzes and its effect on students' performance. **European Journal of Engineering Education** 42 (3), 241-51. <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1153042>.
- Kadir, B. A., Broberg, O., Conceição, C. S., 2019. Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0. **Computers & Industrial Engineering** 137, 106004. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106004>.
- Khalid, A., 2012. Aerospace engineering is still cool: active learning, effective teaching techniques. **Proceedings of 2012 ASEE Annual Conference & Exposition**. <http://dx.doi.org/10.18260/1-2--20899>.
- Kumbhar, U. T., Durgawale, P. M., Kakade, S. V., Kumbhar, S., Modi, A., Gupta, S., Bhatnagar, P., 2020. Effectiveness of Buzz Group as a Teaching Method in Medical Education. **Indian Journal of Public Health Research & Development** 11 (4), 459-65.
- Lewis, N., Bryan, V., 2021. Andragogy and teaching techniques to enhance adult learners' experience. **Journal of Nursing Education and Practice** 11 (11). <https://doi.org/10.5430/jnep.v11n11p31>.
- Lima, R. M., Andersson, P. H., Saalman, E., 2017a. Active Learning in Engineering Education: a (re)introduction. **European Journal of Engineering Education** 42 (1), 1-4. <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1254161>.
- Lima, R. M., Mesquita, D., Rocha, C., Rabelo, M., 2017b. Defining the Industrial and Engineering Management Professional Profile: a longitudinal study based on job advertisements. **Production** 27 (spe). <https://doi.org/10.1590/0103-6513.229916>.

- Lima, R. M., Villas-Boas, V., Soares, F., Carneiro, O. S., Ribeiro, P., Mesquita, D., 2024. Mapping the implementation of active learning approaches in a school of engineering – the positive effect of teacher training. **European Journal of Engineering Education** Online version. <https://doi.org/10.1080/03043797.2024.2313541>.
- Lombardi, D., Shipley, T. F., 2021. The Curious Construct of Active Learning. **Psychological Science in the Public Interest** 22 (1), 8-43. <https://doi.org/10.1177/1529100620973974>.
- Lorenzis, F., Praticò, F. G., Repetto, M., Pons, E., Lamberti, F., 2023. Immersive Virtual Reality for procedural training: Comparing traditional and learning by teaching approaches. **Computers in Industry** 144, 103785. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103785>.
- Lucke, T., Dunn, P., Christie, M., 2017. Activating learning in engineering education using ICT and the concept of 'Flipping the classroom'. **European Journal of Engineering Education** 42 (1), 45-57. <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1201460>.
- Magana, A. J., Karabiyik, T., Thomas, P., Jaiswal, A., Perera, V., Dworkin, J., 2021. Teamwork facilitation and conflict resolution training in a HyFlex course during the COVID-19 pandemic. **Journal of Engineering Education** 111, 446-73. <https://doi.org/10.1002/jee.20450>.
- Maluly, C. V., Pompermaier, J. P. L., Lopes, S. A. P., Nunes, T. F. B., Vergara, L. G. L., Moro, A. R., 2023. Estratégias de metodologias ativas para disciplina de análise ergonômica do trabalho: relato de experiência. **Proceedings of XXIII Congresso Brasileiro de Ergonomia da ABERGO – 2023**. Santa Catarina, Brazil. <https://doi.org/10.29327/1338428.23-12>.
- Marbouti, F., Shafaat, A. Ulas, J., Diefes-Dux, H., 2018. Relationship Between Time of Class and Student Grades in an Active Learning Course. **Journal of Engineering Education** 107 (3), 468-490. <https://doi.org/10.1002/jee.20221>.
- Mazzurco, A., Daniel, S., 2020. Socio-technical thinking of students and practitioners in the context of humanitarian engineering. **Journal of Engineering Education** 109 (2), 243-261. <https://doi.org/10.1002/jee.20307>.
- Mello, C. H. P., Turrioni, J. B., Xavier, A. F., Campos, D. F., 2012. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Production** 22 (1). <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000056>.
- Mills, A. J., Curepos, G., Wiebe, E., 2010. **Encyclopedia of Case Study Research**. SAGE Publications: London, 2nd ed., 1137p. ISBN 978-1-4129-5670-3.
- Moody, L., 2011. A Studio-Based Approach to Teaching Ergonomics and Human Factors. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 55th Annual Meeting** 55 (1), 545–9. <https://doi.org/10.1177/1071181311551111>.
- Mossayebi, F. D., Ekoniak, M., 2019. Development and Student Perceptions of Think-Pair-Share Activities in a Senior-Level Linear Control Systems Course. **Proceedings of 2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)**. <http://dx.doi.org/10.1109/FIE43999.2019.9028410>.
- Nguyen, H., Wu, L., Fischer, C., Washington, G., Warschauer, M., 2020. Increasing success in college: Examining the impact of a project-based introductory engineering course. **Journal of Engineering Education** 109 (3), 384-401. <https://doi.org/10.1002/jee.20319>.
- Nouri, J., 2016. The flipped classroom: for active, effective and increased learning – especially for low achievers. **International Journal of Education Technology in Higher Education** 13 (33). <https://doi.org/10.1186/s41239-016-0032-z>.
- Oakman, J., Hignett, S., Davis, M., Read, G., Aslanides, M., Mebarki, B., Legg, S., 2020. Tertiary education in ergonomics and human factors: quo vadis?. **Ergonomics** 63 (3), 243-252. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1701095>.
- Oppert, M. L., Dollard, M. F., Murugavel, V. R., Reiter-Palmon, R., Reardon, A., Cropley, D. H., O'keeffe, V., 2022. A Mixed-Methods Study of Creative Problem Solving and Psychosocial Safety Climate: Preparing Engineers for the Future of Work. **Frontiers in Psychology** 12, 759226. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.759226>.

- Page, L., Stanley, L., 2014. Ergonomics Service Learning Project: Implementing an Alternative Educational Method in an Industrial Engineering Undergraduate Ergonomics Course. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries** 24 (5), 544-556. <http://doi.org/10.1002/hfm.20544>.
- Paravizo, E., Fonseca, M. L. F., Lima, F. T., Gemma, S. F. B., Rocha, R., Braatz, D., 2021. How Ergonomics and Related Courses Are Distributed in Engineering Programs? an Analysis of Courses from Brazilian Universities. **Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021)**, 567-74. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74602-5_78.
- Peng, L., Deng, Y., Jin, S., 2022. The Evaluation of Active Learning Classrooms: Impact of Spatial Factors on Students' Learning Experience and Learning Engagement. **Sustainability** 14 (8), 4893. <https://doi.org/10.3390/su14084839>.
- Pereira, M. A. C., Ignácio, L. M. N. C., Reis, C. E. R., 2022. Virtualizing Project-Based Learning: An Abrupt Adaptation of Active Learning in the First Days of the COVID-19 Pandemic, with Promising Outcomes. **Sustainability** 14 (1), 363. <https://doi.org/10.3390/su14010363>.
- Pistolato, L. A., Santos, R. A., Simões, R. R., 2020. Active teaching methodology in ergonomics and the learning acquired in the work n'roll project singing o work. **Revista Ação Ergonômica** 14 (2), e202012. <http://dx.doi.org/10.4322/rae.v14n2.e202012>.
- Pizzolato, M., Braghirolli, L. F., Righi, A. W., Mendes, A. A., Marczewski, L. T., 2022. Reflexões sobre estilos de aprendizagem na formação em Engenharia de Produção. **Revista Produto e Produção** 23 (3). <https://doi.org/10.22456/1983-8026.125733>.
- Popil, I., 2011. Promotion of critical thinking by using case studies as teaching method. **Nurse Education Today** 31 (2), 204-7. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2010.06.002>.
- Qattawi, A., Alafaghani, A., Ablat, M., Jaman, M. S., 2021. A multidisciplinary engineering capstone design course: A case study for design-based approach. **International Journal of Mechanical Engineering Education** 49 (3). <https://doi.org/10.1177/0306419019882622>.
- Qian, Y., Vaddiraju, S., Khan, F., 2023. Safety education 4.0 – A critical review and a response to the process industry 4.0 need in chemical engineering curriculum. **Safety Science** 161, 106069. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106069>.
- Qiu, S., Natarajarathinam, M., 2023. Fifty-three years of the Journal of Engineering Education: A bibliometric overview. **Journal of Engineering Education** Online Version. <https://doi.org/10.1002/jee.20547>.
- Queiruga-Dios, M., Santos, M. J., Queiruga, M. A., Acosta, P. M., 2021. Assessment Methods for Service-Learning Projects in Engineering in Higher Education: A Systematic Review. **Frontiers in Psychology** 12, 629231. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2021.629231>.
- Rae, A., 2016. Tales of disaster: the role of accident storytelling in safety teaching. **Cognition, Technology & Work** 18, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10111-015-0341-3>.
- Reinhold, K., Siirak, V., Tint, P., 2014. The Development of Higher Education in Occupational Health and Safety in Estonia and Selected EU Countries. **Procedia – Social and Behavioral Sciences** 143, 52-6. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.356>.
- Rieg, D. L., Lima, R. M. M., Mesquita, D., Scramim, F. C. L., Mattasoglio Neto, O., 2022. Active learning strategies to develop research competences in engineering education. **Journal of Applied Research in Higher Education** 14 (3), 1210-23. <https://doi.org/10.1108/JARHE-01-2021-0038>.
- Rodeghiero Neto, I., Amaral, F. G., 2024. Teaching occupational health and safety in engineering using active learning: A systematic review. **Safety Science** 171, 106391. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106391>.
- Romoser, M. R., 2021. The Effect of Student Learning Style and Lesson Structure on Student Outcomes in an Online Learning Environment. In: Nazir, S., Ahram, T.Z., Karwowski, W. (eds) *Advances in Human Factors in Training, Education,*

- and Learning Sciences. AHFE 2021. **Lecture Notes in Networks and Systems** 269. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80000-0_23.
- Ropers-huilman, B., Carwile, L., Lima, M., 2005. Service-learning in engineering: a valuable pedagogy for meeting learning objectives. **European Journal of Engineering Education** 30 (2), 155-65. <https://doi.org/10.1080/03043790410001664363>.
- Sanchez-Lite, A., Zulueta, P., Sampaio, A. Z., Gonzales-Gaya, C., 2022. BIM for the Realization of Sustainable Digital Models in a University-Business Collaborative Learning Environment: Assessment of Use and Students' Perception. **Buildings** 12, 971. <https://doi.org/10.3390/buildings12070971>.
- Schall Jr., M. C., Rusch, M. L., Thomas, G., Lee, J. D., 2011. An Investigation of Learning Style and Discipline in a Human Factors Course. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 55th Annual Meeting – 2011**. <https://doi.org/10.1177/1071181311551113>.
- Sensuse, D. I., Hasani, L. M., Bagustari, B., 2020. Personalization Strategies Based on Felder-Silverman Learning Styles and Its Impact on Learning: A Literature Review. **3rd International Conference on Computer and Informatics Engineering (IC2IE)**. <https://doi.org/10.1109/IC2IE50715.2020.9274670>.
- Shekar, P., Borrego, M., 2018. 'Not hard to sway': a case study of student engagement in two large engineering classes. **European Journal of Engineering Education** 43 (4), 585-96. <https://doi.org/10.1080/03043797.2016.1209463>
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., Walker, G. H., 2017. Editorial New paradigms in ergonomics. **Ergonomics** 60 (2), 151-6. <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1240373>.
- Sun, X., Houssin, R., Renaud, J., Gardoni, M., 2019. A review of methodologies for integrating human factors and ergonomics in engineering design. **International Journal of Production Research** 57, 4961-76. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1492161>.
- Suraishkumar, G. K., 2018. Strategies to improve learning of all students in a class. **European Journal of Engineering Education** 43 (3), 427-445. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1384797>.
- Swuste, P., Galera, A., Wassenhove, W., Carretero-Goméz, J., Arezes, P., Kivisto-Rahnasto, J., Forteza, F., Motet, G., Reyniers, K., Bergmans, A., Wenham, D., Van Den Broeke, C., 2021. Quality assessment of postgraduate safety education programs, current developments with examples of ten (post)graduate safety courses in Europe. **Safety Science** 141, 105338. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105338>.
- Tey, F., Graf, M., 2018. Revising the IEA Core Competencies for Professional Ergonomists. **Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)**, 672-7. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96080-7_81.
- Tinoco, M. A. C., Silva Filho, L. C. P., Ten Caten, C. S., Souza, J. S., Danilevicz, A. M., Nodari, C., Lima, D. R., Dutra, C. C., de Paula, I. C., Ribeiro, J. L. D., 2021. Redesenho do Currículo a partir da análise de Stakeholders no curso de graduação em Engenharia de Produção da UFRGS. In: **Planejamento e Primeiros Resultados dos Projetos Institucionais de Modernização da Graduação em Engenharia (2019/20)**, Programa Brasil-Estados Unidos de Modernização da Graduação em Engenharia (PMG – Capes / Fulbright) ABENGE, 2021.
- Tortorella, G. L., Cauchick-Miguel, P., 2018. Combining traditional teaching methods and PBL for teaching and learning of lean manufacturing. **IFAC PaperOnline** 51 (11), 915-20. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.465>.
- Tulsi, P. K., Poonia, M. P., 2016. Learning Styles and Achievement of Engineering Students. **Proceedings of 2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)**, 192-6.
- Urgo, M., Terjak, W., Mondellini, M., Colombo, G., 2022. Design of serious games in engineering education: An application to the configuration and analysis of manufacturing systems. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology** 36, 172-84. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.11.006>.

- Valladares, L., 2005. Os dez mandamentos da observação participante. **Revista Brasileira de Ciências Sociais** 22 (63), 153-5.
- Village, J., Greig, M., Salustri, F., Zolfaghari, S., Neumann, W. P., 2014. An ergonomics action research demonstration: integrating human factors into assembly design processes. **Ergonomics** 57 (10), 1574-89. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.938128>.
- Wilson, J. R., 2014. Fundamentals of systems ergonomics/human factors. **Applied Ergonomics** 45 (1), 5-13. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.021>.
- Yadav, A., Shaver, G. M., Meckl, P., 2010. Lessons Learned: Implementing the Case Teaching Method in a Mechanical Engineering Course. **Journal of Engineering Education** 99 (1), 55–69. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2010.tb01042.x>.
- Yan, J., Li, L., Yin, J., Nie, Y., 2018. A comparison of flipped and traditional classroom learning: A case study in mechanical engineering. **International Journal of Engineering Education** 343 (6), 1876-87.
- Yin, R. K., 2014. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Bookman: Porto Alegre, 5th ed., 320 p. ISBN 978-8582602317.
- Young, M. S., Robinson, S., Alberts, P., 2009. Students pay attention! Combating the vigilance decrement to improve learning during lectures. **Active Learning in Higher Education** 10 (1), 41-55. <https://doi.org/10.1177/1469787408100194ARTICLE>.
- Zare, M., Croq, M., Hossein-Arabi, F., Brunet, R., Roquelaure, Y., 2016. Does Ergonomics Improve Product Quality and Reduce Costs? A Review Article. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries** 26 (2), 205-33. <https://doi.org/10.1002/hfm.20623>.

ANEXO A

Estratégias de aprendizagem ativa utilizadas no artigo, apresentadas no trabalho de Lima et al. (2024), conceituadas e definidas de forma resumida. As estratégias que não são apresentadas no trabalho foram descritas com base em outras referências citadas na tabela.

ESTRATÉGIA DE ENSINO	DEFINIÇÃO
<i>Accessibility Experiences</i>	Estratégia em que os estudantes são colocados a vivenciar as limitações enfrentadas diariamente por pessoas com deficiência (PDC), empregando diferentes tecnologias assistivas utilizadas por eles (Bar e Ratzon, 2016).
<i>Buzz Group Discussion</i>	É uma estratégia em que grupos discutem sobre um determinado assunto, de forma a produzir várias ideias sobre este num período curto de tempo. "Buzz" refere-se ao som gerado pela intensidade da discussão em grupos.
<i>Case Study</i>	É uma estratégia que incide na análise detalhada de uma situação real, complexa e aprofundada, que envolve um processo de tomada de decisão, permitindo um ambiente para estudantes desenvolverem competências associadas.
<i>Flipped Classroom</i>	O conteúdo é primeiramente exposto antes da aula pelos estudantes (por meio de leituras e vídeos, etc.), num espaço que tende a ser mais individual do que em grupo; na aula os estudantes têm a oportunidade de interagir com o professor e entre si.
<i>Gamification</i>	Utilização dos elementos de design de jogos em contextos não lúdicos, com vista a criar um ambiente de envolvimento semelhante ao dos jogos, com possibilidades de tentativa e erro, para motivar a ação, promover a aprendizagem e resolver problemas.
<i>Mock Trial</i>	Estratégia que simula uma audiência do tribunal, onde os estudantes são divididos em grupos para defender diferentes causas associadas ao conteúdo. Ao realizar estas atividades, os estudantes podem desenvolver a argumentação pautada nos conteúdos (Khalid, 2012).
<i>Problem-based Learning</i>	Esta estratégia tem o "problema" como centro do processo de aprendizagem. Os estudantes trabalham num ambiente colaborativo em identificar o que já sabem e o que precisam de saber, desenvolvendo pesquisa para resolver o problema em questão.
<i>Project-based Learning</i>	Trata-se de uma abordagem que integra o desenvolvimento de uma solução para um problema aberto, em que os estudantes devem ser capazes de formular o problema e desenvolver a sua solução, permitindo a inovação em um período de tempo maior.
<i>Research-based Learning</i>	Esta abordagem implica que a aprendizagem seja desenvolvida a partir de atividades de investigação, no sentido de promover a criação e o desenvolvimento de novos conhecimentos. O tipo de investigação dependerá dos objetivos de aprendizagem.
<i>Scenario-based Learning</i>	A estratégia busca ensinar os estudantes a partir de conceitos com base em cenários cotidianos comuns, problemas não estruturados desenvolvidos pelos autores e aqueles desenvolvidos em laboratórios (Findeisen et al., 2019).
<i>Service-based Learning</i>	É uma estratégia que se baseia na premissa de que os estudantes podem mobilizar as suas competências, entusiasmo e energia para apoiar uma organização, instituição ou comunidade na resolução de um problema real.
<i>Storytelling</i>	Utilização de histórias sobre diferentes exemplos do mundo real contados para motivar e introduzir novos conhecimentos, para ilustrar a teoria e para mostrar como a teoria pode ser aplicada (Rae, 2016).
<i>Think-pair Share</i>	A estratégia começa apresentando aos estudantes um problema. Os estudantes são então colocados em pares para compartilhar suas ideias sobre como resolver o problema. Por fim, as duplas compartilham suas ideias com toda a turma (Ali e Sharab, 2023).
<i>Traditional</i>	Estratégias mais popular em universidades, onde o professor é o detentor do conhecimento e o transmite para os estudantes na forma de verbalizações e explicações em sala de aula, podendo usar vídeos e leituras (Lorenzis et al., 2023).

APÊNDICE E

Encontros detalhados a partir da temática, junto de outros três quesitos: classificação da ergonomia em que se encontra, estratégia de ensino utilizada e competências do *Core Competencies* destinada para o desenvolvimento a partir do encontro.

Ergonomia 1

Encontro 01 – Introdução a Ergonomia 1		
Conceituação da ergonomia	<i>Storytelling</i>	CC IEA {1, 2, 3, 4, 26, 27}
Encontro 02 – Normas e Legislações		
Conceituação da ergonomia	<i>Research-based Learning; Gamification</i>	CC IEA {7, 23, 24}
Encontro 03 – Metodologia ergonômica (AET)		
Análise Ergonômica do Trabalho	<i>Case Study; Flipped Classroom</i>	CC IEA {4, 6, 15, 19}
Encontro 04 – Organização do Trabalho		
Análise Ergonômica do Trabalho Ergonomia organizacional	<i>Scenario-based Learning 1</i>	CC IEA {4, 5, 8, 12, 15, 19}
Encontro 05 – Layout e ergonomia		
Ergonomia organizacional	<i>Traditional</i>	CC IEA {4, 5, 12}
Encontro 06 – Fisiologia do Trabalho		
Ergonomia física	<i>Traditional</i>	CC IEA {1, 10}
Encontro 07 – Biomecânica Ocupacional		
Ergonomia física	<i>Gamification</i>	CC IEA {1, 10}
Encontro 08 – Antropometria		
Ergonomia física	<i>Service-based Learning</i>	CC IEA {1, 9, 16}
Encontro 09 – Atividade prática dos fatores humanos		
Ergonomia física	<i>Scenario-based Learning 2</i>	CC IEA {1, 8, 9, 12, 13}
Encontro 10 – Ferramentas de avaliação postural 1		
Ergonomia física	<i>Buzz "Big" Group Discussion</i>	CC IEA {1, 8, 21}
Encontro 11 – Ferramentas de avaliação postural 2		
Ergonomia física	<i>Buzz "Small" Group Discussion</i>	CC IEA {1, 8, 21}
Encontro 12 – Fechamento da disciplina com atividade prática		
Análise Ergonômica do Trabalho Conceituação da ergonomia Ergonomia física Ergonomia organizacional	<i>Think-pair Share; Gamification</i>	CC IEA {1, 3, 4, 10, 12, 18, 20, 22, 26}
Encontro 13 – Apresentação final dos trabalhos práticos		
Análise Ergonômica do Trabalho Conceituação da ergonomia Ergonomia física Ergonomia organizacional	<i>Problem-based Learning</i>	CC IEA {1, 3, 4, 5, 10, 12, 13, 15, 18, 20, 22}

Ergonomia 2

Encontro 01 – Introdução a Ergonomia 2		
Conceituação da ergonomia	<i>Storytelling</i>	CC IEA {1, 2, 3, 4, 26, 27}
Encontro 02 – Metodologia de avaliação preliminar (AEP)		
Análise Ergonômica do Trabalho Ergonomia organizacional	<i>Scenario-based Learning</i>	CC IEA {2, 3, 4, 5, 8, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 23, 27}
Encontro 03 – Organização do trabalho com softwares		
Análise Ergonômica do Trabalho Ergonomia organizacional	<i>Case Study; Flipped Classroom; Traditional</i>	CC IEA {4, 5, 8, 13, 17}
Encontro 04 – Metodologia ergonômica com ferramentas posturais		
Análise Ergonômica do Trabalho Ergonomia física	<i>Problem-based Learning</i>	CC IEA {2, 3, 4, 5, 8, 13, 15, 17, 18, 21, 26}
Encontro 05 – Segurança do Trabalho e Ergonomia		
Segurança do Trabalho	<i>Mock Trial; Case Study</i>	CC IEA {5, 7, 11, 12, 14, 24, 26}
Encontro 06 – Carga de Trabalho Mental		
Ergonomia cognitiva	<i>Traditional</i>	CC IEA {1, 20, 21, 22, 24, 25, 27}
Encontro 07 – Prática de Carga de Trabalho Mental		
Ergonomia cognitiva	<i>Service-based Learning 1</i>	CC IEA {1, 8, 15, 21, 24, 25, 27}
Encontro 08 – Acessibilidade espacial		
Acessibilidade	<i>Accessibility Experiences</i>	CC IEA {6, 7, 9, 10, 15, 16, 24, 27}
Encontro 09 – Trabalhos em turnos e trabalho noturno		
Ergonomia física Ergonomia organizacional	<i>Buzz "Big" Group Discussion</i>	CC IEA {2, 7, 24, 27}
Encontro 10 – Iluminação		
Fatores físico ambientais	<i>Service-based Learning 2</i>	CC IEA {2, 8, 21}
Encontro 11 – Ruído		
Fatores físico ambientais	<i>Traditional</i>	CC IEA {2, 7, 8, 11, 21}
Encontro 12 – Temperatura e Vibração		
Fatores físico ambientais	<i>Traditional</i>	CC IEA {2, 11, 21}
Encontro 13 – Fechamento da disciplina com atividade prática		
Ergonomia cognitiva Ergonomia física Ergonomia organizacional Segurança do Trabalho	<i>Think-pair Share</i>	CC IEA {1, 2, 3, 4, 8, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 22, 23, 25, 26, 27}
Encontro 14 – Apresentação final dos trabalhos práticos		
Acessibilidade Análise Ergonômica do Trabalho Conceituação da ergonomia Ergonomia cognitiva Ergonomia física Ergonomia organizacional Fatores físico ambientais Segurança do Trabalho	<i>Apresentação final do Project-based Learning desenvolvido ao longo do semestre</i>	CC IEA {1 ~ 27}

Engenharia humana e sociotécnica

Encontro 01 – Introdução a Engenharia Humana e Sociotécnica		
Acessibilidade Análise Ergonômica do Trabalho Conceituação da ergonomia Ergonomia cognitiva Ergonomia física Ergonomia organizacional Fatores físico ambientais Segurança do Trabalho	<i>Project-based Learning</i>	CC IEA {1 ~ 27}
Encontro 02 – Apresentação da demanda, problema e objetivos		
Acessibilidade Análise Ergonômica do Trabalho Conceituação da ergonomia Ergonomia cognitiva Ergonomia física Ergonomia organizacional Fatores físico ambientais Segurança do Trabalho	<i>Project-based Learning</i>	CC IEA {1 ~ 27}
Encontro 03 – Apresentação da metodologia a ser utilizada		
Acessibilidade Análise Ergonômica do Trabalho Conceituação da ergonomia Ergonomia cognitiva Ergonomia física Ergonomia organizacional Fatores físico ambientais Segurança do Trabalho	<i>Project-based Learning Research-based Learning</i>	CC IEA {1 ~ 27}
Encontro 04 – Apresentação dos resultados encontrados		
Acessibilidade Análise Ergonômica do Trabalho Conceituação da ergonomia Ergonomia cognitiva Ergonomia física Ergonomia organizacional Fatores físico ambientais Segurança do Trabalho	<i>Project-based Learning</i>	CC IEA {1 ~ 27}
Encontro 05 – Apresentação do trabalho final		
Acessibilidade Análise Ergonômica do Trabalho Conceituação da ergonomia Ergonomia cognitiva Ergonomia física Ergonomia organizacional Fatores físico ambientais Segurança do Trabalho	<i>Project-based Learning</i>	CC IEA {1 ~ 27}

APÊNDICE F

Roteiro da observação participante sistemática

Sistemática criada pelos autores para uma observação guiada das estratégias de aprendizagem ativa aplicadas em sala de aula.

- Estratégia de aprendizagem aplicada:
- Disciplina:
- Tópico ensinado:
- Data da aplicação:

1) Descreva o passo a passo da utilização da estratégia de aprendizagem utilizada na aula.

Como a estratégia foi adaptada para o ensino do tópico vinculado a ergonomia; quais foram as estratégias e a sequência de procedimentos para atingir o êxito da aula; quais são as características desta aplicação (número de alunos, número de grupos, tempo de aplicação, duração da aula...).

2) Quais foram as vantagens e desvantagens observadas durante a aplicação das estratégias de aprendizagem?

Identificar os pontos fortes e das limitações observadas pelos professores na aplicação das estratégias com o ensino do tópico da ergonomia, buscando entender se os resultados são semelhantes aos destacados pela literatura.

3) Pela argumentação dos estudantes relacionada às competências técnicas, a estratégia de aprendizagem utilizada permitiu o efetivo desenvolvimento?

Identificar o teor de assertividade (quanto aos conceitos teóricos) das respostas dos estudantes durante a aplicação das estratégias de aprendizagem, a partir dos indicadores que as próprias abordagens fornecem (como textos e apresentações).

4) Os estudantes emitiram alguma verbalização sobre a estratégia de aprendizagem no decorrer de sua aplicação?

Identificar os comentários e falas dos estudantes durante a aplicação da estratégia de aprendizagem, ao mostrar que está de acordo ou em desacordo frente a abordagem que está sendo utilizada na aula.

5) Conclua, baseado na discussão entre os professores, se a estratégia de aprendizagem utilizada funcionou para o ensino da ergonomia.

A partir do exposto e do observado junto aos estudantes, conclua se estas estratégias de aprendizagem são aceitas para o ensino da ergonomia.

APÊNDICE G

Quadro de avaliação dos professores sobre as estratégias de aprendizagem ativa a partir da observação em suas aplicações ao longo dos estudos multicaseos.

ESTRATÉGIA DE ENSINO	DISCIPLINA APLICADA	CONTEÚDO	SEMESTRE APLICADO	FUNCIONOU?	MOTIVO
<i>Accessibility Experiences</i>	Ergonomia 2	Acessibilidade	2022/1; 2022/2; 2023/1; 2023/2	Sim	Nessa experiência, os estudantes puderam entender as dificuldades vivenciadas diariamente pelas pessoas com deficiência. Seus relatos pós atividade garantem que a vivência foi positiva.
<i>Buzz "Big" Group Discussion</i>	Ergonomia 1 Ergonomia 2	Ergonomia Organizacional	2021/1; 2021/2	Não	Este tipo de atividade se assemelha a uma estratégia tradicional de ensino, onde a interação do estudante é baixa e as competências parecem não ser desenvolvidas.
<i>Buzz "Small" Group Discussion</i>	Ergonomia 1	Ergonomia Física	2021/1; 2021/2	Não	As discussões em pequenos grupos não funcionaram pela falta de responsabilidade dos estudantes para desempenhar as atividades, voltando ao grande grupo sem resultados para discussão.
<i>Case Study</i>	Ergonomia 1 Ergonomia 2	Ergonomia Física	2021/1	Não	O caso apresentado se mostrou complexo às atividades vivenciadas pelos estudantes, não atingindo o êxito necessário para a compreensão do conteúdo.
<i>Flipped Classroom</i>	Ergonomia 1 Ergonomia 2	Ergonomia Organizacional	2021/1	Não	Por falta de compromisso, grande parte dos estudantes não realizaram a leitura prévia do material, de modo que não tinham dúvidas e também não sabiam o conteúdo.
<i>Gamification</i>	Ergonomia 1	Conceituação geral; Ergonomia Física	Todos	Sim	A motivação e a atratividade aumentaram, pois os estudantes ficaram entusiasmados em saber sobre os conteúdos ensinados, tornando o momento descontraído para fixar os conceitos trabalhados.
<i>Mock Trial</i>	Ergonomia 2	Segurança do Trabalho	2022/2; 2023/1; 2023/2	Sim	Os estudantes entraram no personagem e defenderam os lados da situação de acordo com o problema, utilizando normas e conceitos trabalhados na disciplina.

<i>Problem-based Learning</i>	Ergonomia 1 Ergonomia 2	Ergonomia Física	Todos	Sim	Na situação problema trazida, sendo estruturada ou não, os estudantes demonstraram diferentes soluções de melhoria ao analisar as questões junto do conteúdo elucidado.
<i>Project-based Learning</i>	Ergonomia 2	Um pouco de cada área	Todos	Sim	Como desenvolvimento de um projeto ao longo do semestre, esta estratégia auxiliou os estudantes no desenvolvimento de competências e serviu como um guia no desenvolvimento do trabalho final.
<i>Research-based Learning</i>	Ergonomia 1	Conceituação geral	Todos	Sim	A investigação e posterior apresentação dos resultados fez com que os estudantes debatessem sobre os conceitos apresentados na literatura, argumentando com suas vivências no assunto.
<i>Scenario-based Learning</i>	Ergonomia 1 Ergonomia 2	AET, Ergonomia Física	2022/1; 2022/2; 2023/1; 2023/2	Sim	A aplicação da ferramenta se mostrou complementar a teoria já explicada e, pelo fragmento do vídeo e os diferentes cenários observados, foi possível entender de maneira mais completa o funcionamento da situação problema.
<i>Service-based Learning</i>	Ergonomia 1 Ergonomia 2	Ergonomia Cognitiva e Física, Fatores ambientais	2022/1; 2022/2; 2023/1; 2023/2	Sim	Pela real coleta a serviço da universidade, os estudantes puderam vivenciar as três fases principais de consultor: coleta, análise e proposição de melhoria.
<i>Storytelling</i>	Ergonomia 1 Ergonomia 2	Conceituação geral	2021/1; 2021/2; 2022/1; 2022/2; 2023/1	Não	Os estudantes perceberam nas histórias as possíveis situações futuras, mas não foi observado em suas falas os conceitos elucidados nas estratégias.
<i>Think-pair Share</i>	Ergonomia 1 Ergonomia 2	Um pouco de cada área	2022/1; 2022/2; 2023/1; 2023/2	Sim	O compartilhamento do conhecimento adquirido junto da argumentação em grandes grupos tornou possível um nivelamento do conteúdo, bem como uma discussão em grupos distintos.
<i>Traditional</i>	Ergonomia 1 Ergonomia 2	Um pouco de cada área	Todos	Não	O engajamento dos estudantes diminuiu e eles tendem a não participar das aulas. Estas aulas acabam sendo maçantes e apenas com falas do professor.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese foi construída no intuito de propor e avaliar a inserção de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da ergonomia, para cursos de engenharia de produção. Para isto, diferentes etapas metodológicas foram utilizadas, como a pesquisa da literatura, a investigação do panorama das disciplinas, a seleção de competências essenciais e a avaliação prática das estratégias. Neste sentido, um estudo multicaso com uma abordagem qualiquantitativa foi utilizado para verificar a aceitação destas estratégias pela percepção de diferentes professores e alunos ao longo de seis semestres.

Diante de todos os resultados e análises efetuadas, esta tese conclui e recomenda que estratégias de aprendizagem ativa sejam utilizadas no ensino da ergonomia. Além de serem recomendadas por diferentes profissionais da área, estas estratégias aumentaram o engajamento da turma e o desenvolvimento de competências essenciais atreladas à ergonomia, conforme os casos observados no decorrer da tese. Ao investigar, planejar, selecionar e avaliar as estratégias de aprendizagem ativa no ensino da área, pode-se chegar a conclusão de que estas são aceitas para este fim.

O diferencial desta tese está na demonstração, por diferentes vertentes, da aceitação das estratégias de aprendizagem ativa. Pela ótica da literatura, 62 artigos mostraram em suas pesquisas que estas estratégias são aceitas para o ensino da Saúde e Segurança Ocupacional (SSO). Já os professores do estudo, a partir da observação das estratégias sendo aplicadas, e os estudantes contemplados nos multicasos, a partir de questionários e verbalizações, comprovaram a aceitação a partir de suas conclusões.

Para este estudo, oito estratégias de aprendizagem ativa foram aceitas em sua aplicação a partir destas diferentes vertentes: *Problem-based Learning*, *Project-based Learning*, *Service-based Learning*, *Scenario-based Learning*, *Accessibility Experiences*, *Mock Trial*, *Gamification* e *Think-pair Share*. Quanto as competências transversais e técnicas esperadas pelo mercado de trabalho, todas foram desenvolvidas de acordo com a autoavaliação dos estudantes ao final do processo de ensino da ergonomia.

Ainda assim, conforme descrito no decorrer da tese, as disciplinas de ergonomia, em cursos de engenharia de produção no Brasil, ainda apresentam abordagens tradicionais como metodologias de ensino principais. Em paralelo, as competências técnicas e transversais essenciais que devem ser desenvolvidas nestas disciplinas não são observadas em padrões e normas técnicas. Isto posto, esta tese contribui à literatura, à prática e às associações técnicas com diversos achados principais, conforme a descrição a seguir.

9.1 CONTRIBUIÇÕES GERAIS DA PESQUISA

Para complementar as contribuições individuais realizadas por esta tese, a partir de cada um dos quatro artigos, é possível também comparar estes resultados, no intuito de encontrar outras contribuições relacionadas às estratégias de aprendizagem ativa, ao desenvolvimento de competências transversais vinculadas à ergonomia e a validação de modelos teóricos. Com os achados do Artigo 1, foi possível montar um modelo teórico que mostra as estratégias de aprendizagem ativa. Durante a tese, este modelo foi testado em diferentes momentos, por ferramentas e comprovações distintas. A Figura 23 mostra os momentos e a maneira que foi utilizada para a constatação.

Figura 23 – Modelo teórico validado por esta tese

PRINCIPAL ESTRATÉGIA	ESTRATÉGIA SIMILAR	VANTAGENS	DESVANTAGENS	COMPETÊNCIAS DESENVOLVIDAS	CONTEÚDOS SUGERIDOS	
GAMIFICAÇÃO	Web-based Learning Virtual Reality	Aumento da diversão e motivação, competição construtiva entre estudantes e simulação em diferentes maneiras	Não é diretamente explorado as atividades da empresa e suas demandas tecnológicas	Inovação, motivação em aprender e autonomia no aprendizado	Normas e padrões de SSO e estratégias de prevenção de acidentes	✓
PROBLEM-BASED LEARNING	Problem Solving Scenario-based Learning	Aprendizagem prática, complementando a teoria ensinada na universidade, com experimentação e criatividade	Falta de comprometimento e dificuldade em retratar a realidade que ocorre no mercado	Trabalho em equipe, responsabilidade e pensamento crítico, analítico e lógico	Aplicação de ferramentas de performance e avaliação de carga mental e física	✓
PROJECT-BASED LEARNING	Service-based Learning Learning factory Challenge-based Learning	Modelos de tomada de decisão mais realistas, redução da lacuna entre aprendizagem e ambientes naturais	Professores sem experiência em indústria, tempo limite de solução de projeto	Comunicação, pensamento sistêmico, trabalho em equipe e competências profissionais	Gerenciamento do risco, avaliação organizacional e desenvolvimento de produto	✓
	constatado na literatura ARTIGO 1	constatado na prática pela observação do professor ARTIGO 4		constatado na autoavaliação dos estudantes ARTIGO 4	constatado pela pesquisa e prática ARTIGOS 2 e 4	

As principais estratégias de aprendizagem ativa foram escolhidas por serem descritas na literatura como estratégias guarda-chuva – pois a partir de seus conceitos foram criadas outras estratégias utilizadas no ensino da Saúde e Segurança Ocupacional. Estas estratégias similares, descritas na segunda coluna, foram já comprovadas no Artigo 1 que suas definições derivam de definições das estratégias guarda-chuva.

As vantagens e desvantagens das principais estratégias, coletadas na RSL, puderam ser constatadas nas suas aplicações pela observação sistemática dos professores. No decorrer dos multicasos, foi possível comprovar os benefícios trazidos pelas estratégias na prática e no ensino da ergonomia. As desvantagens também foram corroboradas, podendo ser contornadas ao longo da aplicação, para uma melhor experiência dos estudantes.

Já as competências transversais coletadas na literatura puderam ser trabalhadas no decorrer dos casos pela aplicação das estratégias de aprendizagem ativa guarda-chuva. Pela autoavaliação dos estudantes mostradas no Artigo 4 desta tese, todas estas competências mostraram resultados positivos a partir da aplicação de questionários. Desta forma, é possível validar que as estratégias aplicadas desenvolveram as competências transversais.

Por fim, os conteúdos mais comuns em SSO foram alocados em estratégias de aprendizagem ativa guarda-chuva. Corroborados no Artigo 2 e testados no Artigo 4 com a inserção das estratégias, foi possível observar que estes podem ser aplicados para o ensino destas competências técnicas. Desta maneira, é possível também validar o ensino destes conteúdos com as estratégias indicadas na Figura 23, servindo como base para diferentes professores planejarem suas disciplinas.

Além das guarda-chuvas, outras 14 estratégias de aprendizagem ativa citadas e conceituadas ao longo do estudo. Ao longo dos quatro artigos, diferentes percepções de literatura e opinião de especialistas foram estudadas, buscando a relação com conceitos da ergonomia para sua inserção e aplicação. O Quadro 08 demonstra em que momento estas estratégias foram citadas e o seu resultado final na avaliação do ensino da ergonomia pela tese.

Quadro 08 – Avaliação das estratégias de aprendizagem ativa observadas na tese

	RSL (ARTIGO 1)	CURRÍCULOS (ARTIGO 2)	ENTREVISTA (ARTIGO 3)	TESTADOS (ARTIGO 4)	ACEITOS (ARTIGO 4)
Problem-based Learning	●	●	●	●	●
Project-based Learning	●	●	●	●	●
Gamification	●	●	●	●	●
Team-based Learning	●				
Case Study	●	●	●	●	
Storytelling	●			●	
Competency-based Training	●				
Learning Factory	●				
Scenario-based Learning	●			●	●
Collaborative-based Learning	●				
Service-based Learning	●			●	●
Accessibility Experiences				●	●
Buzz Group Discussion		●	●	●	
Flipped Classroom		●	●	●	
Mock Trial				●	●
Research-based Learning			●	●	
Think-pair Share				●	●

Das 11 estratégias encontradas na literatura para o ensino da SSO, cinco funcionaram para o ensino da ergonomia, quatro não foram testadas e outras duas não funcionaram. Já em relação as estratégias citadas atualmente em currículos de ergonomia em cursos de engenharia de produção, metade delas não funcionaram neste estudo multicaso. Por fim, para os entrevistados, quatro das sete estratégias de aprendizagem ativa citadas não funcionaram para o ensino da ergonomia.

As estratégias guarda-chuva, citadas anteriormente, foram as únicas citadas em todas as pesquisas nos artigos e validadas quanto ao seu funcionamento. Outras estratégias citadas em vários momentos na tese, como *Case study*, *Flipped Classroom* e *Buzz Group Discussion*, não funcionaram. É válido destacar que quatro estratégias citadas na revisão sistemática não foram testadas (e.g. *Team-based Learning*; *Competency-based Training*, *Learning Factory* e *Collaborative-based Learning*). Isto ocorreu por falta de infraestrutura de sala de aula ou de tempo hábil para realização das atividades das estratégias.

Quanto às competências transversais essenciais a um profissional de ergonomia (egresso de um curso de engenharia de produção) e abordadas nesta tese, uma análise comparativa pode ser realizada, conforme o Quadro 09. Neste quadro, as principais competências destacadas no Artigo 3 (ver Figura 18, página 149) são comparadas com as normas utilizadas pela tese (*Core Competencies* do IEA e as Diretrizes Curriculares Nacionais das Engenharias do MEC) e com os resultados dos Artigos 1 e 4.

Quadro 09 – Avaliação das principais competências transversais desenvolvidas por estratégias de aprendizagem ativa analisadas na tese

	RSL (ARTIGO 1)	CC IEA (MUNDIAL)	DCN (BRASIL)	ENTREVISTA (ARTIGO 3)	AVALIAÇÃO* (ARTIGO 4)
Aprendizado contínuo	●	●	●		6.4
Comunicação e debate	●	●	●	●	6.6
Criatividade	●		●	●	6.2
Ética	●	●	●	●	6.3
Motivação	●				6.2
Pensamento analítico	●	●	●	●	6.2
Pensamento crítico	●	●	●	●	6.6
Pensamento sistêmico	●	●	●	●	6.5
Proposição de melhorias		●	●	●	5.9
Responsabilidade social	●	●	●	●	6.4
Solução de problemas	●	●	●		6.5
Tomada de decisão	●	●	●		6.5
Trabalho em equipe	●	●	●	●	6.7

* A autoavaliação, presente na coluna 6, apresenta a média da turma em uma escala avaliada de 1 a 7

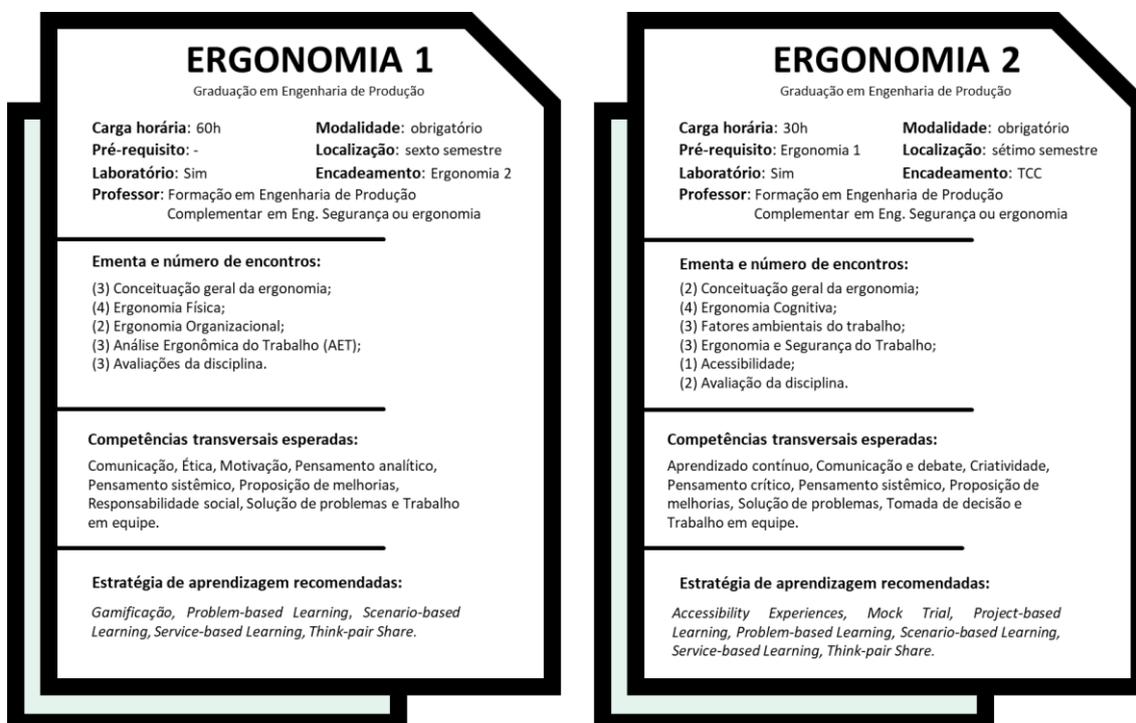
Conforme visto no Artigo 3 (Figura 18, página 149), existem competências transversais em comum entre os achados da revisão no Artigo 1, nas entrevistas do Artigo 3 e nos documentos padrão utilizados pelo estudo. Ainda assim, algumas outras competências são importantes de serem avaliadas, como o aprendizado contínuo, a motivação, a solução de problemas e a tomada de decisão. Competências transversais demandadas por todos estes documentos, como o trabalho em equipe, pensamento crítico, comunicação e debate, foram largamente desenvolvidas de acordo com esta tese.

Pelas altas notas da autoavaliação e percepção dos estudantes, é possível concluir que as competências esperadas por diferentes frentes foram

desenvolvidas. Ao se tratar do ensino da ergonomia em cursos de engenharia de produção no Brasil, destaca-se que precisam atender as DCN, pelo viés da engenharia, e o *Core Competencies* da ergonomia. Assim, nesta pesquisa, é possível evidenciar que o uso de estratégias de aprendizagem ativa desenvolve as competências demandadas nestes documentos, bem como aquelas mostradas na revisão sistemática.

Por fim, no Artigo 2 foram mostradas duas propostas de plano de ensino para disciplinas de ergonomia nos cursos de engenharia de produção. Estas propostas foram construídas a partir dos planos de ensino brasileiros e internacionais disponibilizados pelos cursos. Já no Artigo 3, competências transversais essenciais para um profissional de ergonomia foram selecionadas diante da opinião de diferentes especialistas. Por fim, durante os quatro artigos da tese, estratégias de aprendizagem ativa foram pesquisadas e aplicadas para a verificação do ensino da ergonomia. Diante destes resultados, foi possível atualizar os planos de ensino iniciais e estes são mostrados na Figura 24.

Figura 24 – Avaliação das competências transversais desenvolvidas por estratégias de aprendizagem ativa



Diante do estudo, é possível concluir que duas disciplinas propostas de ergonomia com carga horária total de 90 horas contemplam o desenvolvimento de competências necessárias de serem ensinadas em um curso de engenharia de produção. Localizadas na metade superior do curso, as diferentes áreas foram distribuídas nas duas disciplinas e, ao serem testadas, a divisão funcionou e mostrou-se adequada. Já as estratégias de aprendizagem ativa, testadas e validadas no Artigo 4, foram atualizadas nos planos, sendo recomendadas apenas aquelas que funcionaram de acordo com o estudo.

Nestes planos de ensino também foram inseridas competências transversais essenciais a um profissional de ergonomia egresso de um curso de engenharia de produção. Estas competências foram avaliadas por estudantes, constatando seu alto desenvolvimento ao aprender ergonomia a partir de estratégias de aprendizagem ativa.

Conclui-se, portanto, ao finalizar com constatações e comparativos distintos, demonstrando a aceitação da inserção de estratégias de aprendizagem ativa no ensino da ergonomia em cursos de engenharia de produção. Esta aceitação não somente se dá pela percepção do professor, como também pela opinião dos estudantes, da literatura e diferentes partes interessadas. Pode-se concluir, também, os benefícios trazidos pelas estratégias de aprendizagem ativa principalmente pela ótica do desenvolvimento de competências técnicas e transversais.

9.2 LIMITAÇÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Esta tese apresentou algumas limitações na sua execução. A primeira delas é a ausência de um grupo controle para ser comparado com as turmas que foram ensinadas com estratégias de aprendizagem ativa. Este comparativo, além de diferentes conclusões, poderia mostrar resultados conflitantes entre as duas abordagens de ensino, buscando evidenciar qual é a mais indicada para a ergonomia.

Além disto, o estudo avaliou o desenvolvimento de competências transversais apenas a partir de questionários de autoavaliação. No decorrer da tese, uma avaliação durante a aplicação das estratégias de aprendizagem ativa poderia ser aplicada, medindo principalmente o conhecimento pré-teste e pós-teste. Além disto, o estudo considerou avaliações de mensuração de competências técnicas pelos estudantes apenas por suas percepções, com o uso das competências do CC IEA, ao final da aplicação de estratégias de aprendizagem ativa.

Por fim, a aplicação deste estudo multicaso foi realizada em uma universidade federal brasileira. Desta maneira, questões relacionadas às características da instituição, a infraestrutura física da universidade, o número de professores que podem atuar nas disciplinas e do mercado que recebe estes profissionais não foram investigadas. Estes fatores podem interferir na aceitação de estratégias de aprendizagem ativa.

Como sugestões para trabalhos e pesquisas futuras, propõe-se a continuação do estudo de outras estratégias de aprendizagem ativa para o ensino da ergonomia em cursos de engenharia de produção. Conforme citado neste capítulo de considerações finais, algumas estratégias observadas na literatura pelo Artigo 1 não foram testadas. Da mesma maneira, é interessante para os professores conseguir fazer uma classificação destas estratégias. Esta tese sugere uma classificação baseada no número de alunos na turma em que será inserida, a duração da aplicação, a necessidade de infraestrutura física, o grau da independência do estudante e o grau de características ativas.

Da mesma forma que é uma limitação, esta tese propõe uma maior investigação na avaliação de competências técnicas e transversais. Para estas avaliações, sugere-se a criação de um instrumento, baseado em conceitos de aprendizagem ativa, para a medição das competências por professores e estudantes. Em complemento, sugere-se que esta medição utilize de avaliações pré-pós teste e que identifique o estilo de aprendizagem de cada estudante.

Por fim, sugere-se a aplicação deste mesmo multicaso em outras universidades que ensinam ergonomia em cursos de engenharia de produção. Ao realizar outros estudos de caso, pode-se perceber o grau de influência de características

da própria universidade na inserção de estratégias de aprendizagem ativa. Assim como espera-se um aprendizado contínuo de profissionais de ergonomia, espera-se também a pesquisa contínua de estudos vinculados a ergonomia e engenharia de produção, de modo a buscar melhorar cada vez mais esta atividade com a literatura e com a prática.

