

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

Relatório final

**Metodologia de ensino em *Learning Factories*
no âmbito da Indústria 4.0**

Autor: **Leonardo Keiti de Godoy Tominaga**

Orientador: **Prof. Dr. Robert Eduardo Cooper Ordoñez**

Campinas, dezembro de 2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

Relatório Final

Metodologia de ensino em *Learning Factories* no âmbito da Indústria 4.0

Autor: **Leonardo Keiti de Godoy Tominaga**

Orientador: **Prof. Dr. Robert Eduardo Cooper Ordoñez**

Curso: Engenharia de Controle e Automação

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Campinas, 2020

S.P. – Brasil

Dedicatória:

Dedico este trabalho a meus pais, Sr. Sergio Massamitsu Tominaga (*in memoriam*) e Sra. Selma Bueno de Godoy Tominaga, que foram minha base e, com muito amor, me deram tudo o que foi possível para me tornar quem sou hoje. Além da dedicatória deixo aqui a minha eterna gratidão.

Agradecimentos

Presto minha homenagem às pessoas as quais foram essenciais para a conclusão deste trabalho:

À minha mãe, Sra. Selma, que com sua paciência me deu forças para tudo o que precisei, inclusive neste trabalho e a conclusão de minha graduação.

À Bruna Malospírito, por estar sempre do meu lado e me compreender e incentivar a conclusão deste trabalho, sempre com muito amor.

Aos meus amigos e companheiros de curso: Thales Loiola, Matheus Rodrigues, Eduardo Abras, Lucas Pagan, Bruna Mattos, Rafael Prado e Antônio Ruelle pelo companheirismo durante estes anos de graduação.

Aos meus amigos de infância: Felipe Miranda, Leonardo Mendonça, Guilherme Haga, Breno Galassi, Renata Pereira, Felipe Bellini, Mateus Gomes e Leonardo Lahoz, por me acompanharem, desde 2003, nesta jornada da vida.

Ao meu orientador, Robert Cooper, pela paciência, compreensão, por me guiar nesta jornada que foi de grande aprendizado para mim. E agradeço pela oportunidade de crescimento e pela orientação.

Aos professores Eugênio Rosa, Rosley Anholon, Dirceu Silva e Jefferson Pinto pelos ensinamentos.

À Silvana Ribeiro, por sempre ter me ajudado na utilização da plataforma Odyssey.

Índice

	Resumo	1
	Lista de Figuras	2
	Lista de Tabelas	2
	Lista de Quadros	2
	Abreviações e Siglas	3
Capítulo 1		4
1.1	Introdução	4
1.2	Justificativa	5
1.3	Objetivos	6
1.4	Descrição das Etapas de Desenvolvimento do Trabalho	6
Capítulo 2	Fundamentação Teórica	8
2.1	Learning Factory	8
2.2	Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação.	12
2.3	Metodologias de Ensino	19
2.3.1	Aprendizado Ativo	19
2.3.2	Problem Based Learning	20
2.3.3	Sala de Aula Invertida	21
2.3.4	Ensino por Competências Aplicadas à Learning Factories	21
Capítulo 3	Metodologia	25
Capítulo 4	Proposta de Metodologia de Ensino	30
4.1	Preparação da Matéria	30
4.2	Preparação dos Alunos	32
4.3	Contextualização	32
4.4	Prática	33
4.5	Avaliação	35
Capítulo 5	Conclusão	36
	Referências Bibliográficas	37

Resumo

TOMINAGA, Leonardo Keiti de Godoy, *Metodologia de ensino em Learning Factories no âmbito da Indústria 4.0*, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Trabalho de Conclusão de Curso, (2020), 45 pp.

O objetivo desta monografia é elaborar uma metodologia de ensino voltada para a aplicação em *Learning Factories*, especificamente na PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação), localizada na Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP. Este trabalho consistirá em fazer uma revisão sistemática da literatura para esclarecer os conceitos de *Learnig Factories*, seu estado da arte, contexto na Indústria 4.0 e listar práticas de ensino eficazes para aplicação neste cenário levando em conta o seu público alvo, objetivo e como elas possibilitam estes cenários para aprendizado e ensino. Posteriormente, a partir das informações levantadas, será elaborada uma metodologia que se encaixa nas necessidades atuais e possa ser aplicada na PIPEFA.

Palavras Chave: *Learning Factories*, Metodologia de ensino, Indústria 4.0.

Lista de Figuras

Figura 2.1. Características observadas em Learning Factories.	3
Figura 2.2. Desenvolvimento ao longo do tempo de abordagens sobre Learning Factory e o número de documentos no Google Scholar em relação aos termos Learning Factory e Teaching Factory.	10
Figura 2.3. PIPEFA Esquemática.	13
Figura 2.4. Plataforma de LEGO® onde as peças são montadas.	14
Figura 2.5. Códigos de montagem de peças na plataforma.	15
Figura 2.6. Posto de carregamento.	16
Figura 2.7. Verificação Inicial por Código de Barras.	16
Figura 2.8. Módulo de Montagem Central.	17
Figura 2.9. Módulo de Montagem Lateral.	17
Figura 2.10. Módulo de Inspeção e Controle de Qualidade.	18
Figura 2.11 Módulo de Descarregamento da Peça.	19
Figura 2.12 Esquema das Transformações Didáticas.	22
Figura 2.13 Modelos de Competência.	23
Figura 3.1 Elaboração da Revisão Bibliométrica.	26
Figura 4.1 Resumo dos cinco passos da metodologia.	36

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 Resultados da busca nas bases contendo as palavras-chave.	27
Tabela 3.2. Metodologias de ensino prático mais utilizadas na literatura de engenharia.	28
Tabela 4.1. Exemplo de estrutura de aula.	34

Lista de Quadros

Quadro 2.1. Resultados retornados ao pesquisar o número de trabalho dos autores por palavra-chave.	10
Quadro 2.2. Exemplo de Construção das Competências.	24
Quadro 4.1. Preparação de competências.	31
Quadro 4.2. Exemplo de tabela de competências.	31
Quadro 4.3. Aprendizado em <i>Learning Factories</i> .	33

Abreviações

IA	Inteligência Artificial;
IO	<i>Input-Output;</i>
LF	<i>Learning Factories;</i>
TF	<i>Teaching Factories;</i>
TB	<i>Testbeds;</i>
I4.0	Indústria 4.0;

Siglas

PBL	<i>Problem Based Learning;</i>
IoT	<i>Internet of Things;</i>
CLP	Controlador Lógico Programável;

Capítulo 1

Introdução

1.1. Introdução

A indústria, desde sua concepção, vem se desenvolvendo a partir de técnicas e tecnologias inovadoras, as quais possibilitaram o seu crescimento. Foi a partir das revoluções industriais que ocorreram transformações radicais nos padrões tecnológicos. Dos diversos desafios que enfrentamos atualmente, o mais intenso e importante é como entender e moldar a nova revolução tecnológica, a qual implica em nada menos que a transformação da sociedade. Nós estamos no início de uma revolução que está mudando o jeito que vivemos, trabalhamos e nos relacionamos (SCHWAB, 2016).

A nova revolução industrial, quarta na cronologia das revoluções, que também é chamada de Indústria 4.0, surgiu através da busca por customização e regionalização do sistema produtivo. Sua primeira aparição foi na Alemanha, em uma feira de Hannover, em 2011, onde representantes políticos, da academia e da economia idealizaram o conceito (STELLA e ORDOÑEZ, 2017). Ela tem como característica principal a Internet, e tecnologias de apoio (por exemplo, sistemas embarcados) que servem como base para integrar objetos físicos, humanos, máquinas inteligentes, linhas de produção e processos, em todos limites organizacionais para formar um novo tipo de cadeia de valor inteligente (SCHUMACHER, EROL e SIHN, 2016). Para isso, o sistema deve ser capaz de tratar grandes quantidades de dados coletados através de sensoriamento e a descentralizar a tomada de decisões, quebrando assim os paradigmas de comunicação entre homem e máquina.

A Indústria 4.0 foi habilitada, principalmente, por tecnologias como a Inteligência Artificial, a Internet das Coisas, o Big Data, a Computação em nuvem, a Robótica Avançada, os Sistemas Ciber Físicos, Novos materiais e a Manufatura Híbrida. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2016). Segundo Tupa, Simota e Steiner (2017), com as mudanças tecnológicas que acompanham a transformação, surge também uma gama de novos riscos que podem impactar negativamente, em diversos aspectos, as empresas. Além disso há a presunção de que é necessário desenvolver e testar novas abordagens para a

gestão de riscos. Assim, em um cenário de grande oferta de soluções tecnológicas para a Indústria 4.0, torna-se fundamental que as empresas possam testar, experimentar e prototipar processos de implantação dessas tecnologias. Para isso, os Test beds, ou Learning Factories, (que são plataformas que permitem experimentos em espaços reais a fim de comprovar a viabilidade de novos conceitos) tornam-se ferramentas cruciais num contexto de quarta revolução industrial.

Os diversos padrões de ensino devem evoluir em paralelo com o rápido avanço das tecnologias, ferramentas e técnicas relacionados à produção (INTERNATIONAL MONETARY FUND, 2013). Para isso, é necessária uma adaptação do conteúdo de treinamento e seus mecanismos de entrega aos novos requisitos de manufatura baseada no conhecimento. A educação para o ambiente da manufatura deve se preocupar com o fornecimento de competências integradas de engenharia e uma formação multidisciplinar (CHRYSSOLOURIS, MAVRIKIOS e RENTZOS, 2016).

1.2 Justificativa

Este trabalho será realizado para auxiliar e embasar os educadores cuja missão é reduzir a lacuna de conhecimento que existe entre indústria e academia, em uma realidade onde enxerga-se uma mudança considerável na demanda de mão de obra, ao sugerir que futuros empregos necessitarão de mais conhecimento e habilidade (CEDEFOP, 2010), e assim, um número maior de trabalhadores qualificados serão exigidos. Esta mudança cria uma lacuna entre conhecimento requerido para as novas tecnologias e conhecimento médio da mão de obra. Do ponto de vista educacional, as LF contribuirão para a capacitação de novos engenheiros e para a atualização da força de trabalho da indústria (ABELE et al. 2017).

O desenvolvimento deste trabalho será realizado em uma plataforma educacional modular, em que cada um destes módulos possa ser posicionado da maneira que melhor for conveniente ao usuário a fim de apoiar e complementar o ensino e a pesquisa em ferramentas da Indústria 4.0. A plataforma de teste utilizada como base para o presente trabalho está sendo revitalizada com recursos outorgados pela FAPESP através do projeto de auxílio à pesquisa intitulado "Plataforma de teste (Testbed) para Indústria 4.0 – teoria, implantação e prática", com número de processo 2019/10088-9. Este trabalho é o primeiro

passo para a proposta de um processo de ensino que será embasado em metodologias pedagógicas voltadas para o ensino prático, em que a sala de aula é a mesma da plataforma. Desta forma o aluno poderá estudar as ferramentas separadamente por conta desta modularidade e independência, e, além disso, estudar e realizar testes de produção industrial em pequena escala para coletar dados de produção, dados de eficiência da ferramenta a ser estudada e a validação de testes e hipóteses.

A plataforma modularizada possui a característica vantajosa de ter versatilidade de montagem o que resulta na redução de custos de projetos ao longo do tempo, ao se acumular diferentes ferramentas em cada módulo, e aumenta a gama de possibilidades de estudos. Isso somado à metodologia que será desenvolvida nesta monografia visa a redução da lacuna de conhecimento entre o que é exigido na indústria e o que está sendo ensinado em sala de aula, criando alunos com uma visão mais crítica ao que se diz respeito aos desafios da indústria.

1.3 Objetivos

Este trabalho possui o objetivo de propor uma metodologia de ensino com foco principal em atividades práticas, utilizando a integração dos módulos de manufatura disponíveis na plataforma PIPEFA.

A metodologia de ensino que será explicitada ao longo do trabalho visa romper com as práticas tradicionais de ensino, criando um ambiente em que o aluno participe ativamente e, com isso, absorva de maneira mais eficiente a informação passada, além de atualizar seus conhecimentos em relação à Indústria 4.0 e suas tecnologias. A expectativa é a de fazer com que o aluno saia com uma visão ampla de como tais tecnologias podem ajudar, tanto em sua vida cotidiana, quanto em seu local de trabalho.

1.4 Descrição das Etapas de Desenvolvimento do Trabalho

A abordagem utilizada para elaborar esta pesquisa será qualitativa, utilizando o método de revisão bibliográfica para encontrar ferramentas e práticas utilizadas na área da educação e que possuem resultados comprovados de eficácia, para que assim se possa elaborar uma metodologia de ensino cuja aplicação ocorrerá na plataforma PIPEFA, que em

seguida é devidamente apresentada e explicada. Adicionalmente é feita uma revisão bibliográfica para esclarecer o conceito de *Learning Factory*, a desambiguação de seu nome, surgimento e seus casos de uso. Uma vez explicitados os termos e as práticas de ensino encontradas, será feita uma combinação de tais práticas seguindo o modelo de ensino criado por Demerval Saviani em 1984 com o foco de ser aplicado na PIPEFA. A estrutura deste trabalho será dividida nos seguintes tópicos.

- **Capítulo 1: Introdução:** Este capítulo inicial contextualiza a Indústria 4.0 e seu impacto na sociedade, especificamente no *gap* criado por conta do rápido avanço na tecnologia e a falta desta velocidade na criação de metodologias capazes de criar mão de obra adequada para lidar com tais evoluções tecnológicas. Neste capítulo também está contida a justificativa, seus objetivos e metodologia aplicada para realizar esta monografia.
- **Capítulo 2: Fundamentação Teórica:** A proposta deste capítulo é apresentar os conceitos de *Learning Factory*, o que é a LF, qual o seu surgimento, propósito e também desambiguar o termo, na qual é encontrado na literatura como *Teaching Factory* e *TestBed*, bem como pautar os autores que são referência neste assunto. Dentro do conceito de *Learning Factories*, neste capítulo, apresenta-se a PIPEFA (Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação). Faz-se também a revisão bibliográfica de metodologias de ensino encontradas na literatura e que possuem aplicações em cenários práticos de ensino a fim de aproximar o aluno da realidade vivida e a aplicação da metodologia por competências em *Learning Factories*.
- **Capítulo 3: Metodologia:** O capítulo discorre sobre a metodologia utilizada para avaliar na literatura as práticas mais utilizadas no ensino prático de engenharia. É feita uma revisão bibliométrica a fim de elencar as metodologias de ensino mais relevantes e é base teórica para a formulação do próximo capítulo.
- **Capítulo 4: Proposta de Metodologia de Ensino:** Neste capítulo é que se discorre sobre como foi realizado este trabalho, a metodologia utilizada e a

metodologia de ensino criada e baseada nos cinco passos de Saviani (1984), e a relevância deste autor para o tema, que coloca o aluno como peça ativa no aprendizado e rompe com as metodologias tradicionais de ensino. É neste capítulo que acontece a união destes cinco passos com a plataforma industrial PIPEFA e o ensino prático em sala de aula, bem como a forma de avaliação dos alunos.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

2.1 *Learning Factory*

O conceito de Learning Factory, ou “Teaching Factory” tem origem nas disciplinas de ciências médicas, especificamente no paradigma dos hospitais de ensino, ou seja, as escolas médicas que operam em paralelo com hospitais. Visa integrar os ambientes de aprendizagem e de trabalho, dos quais surgem experiências mais realista (CHRYSSOLOURIS, MAVRIKIOS e RENTZOS, 2016).

De acordo com Wagner, Algeddawy, ElMaraghy e Müller (2012), o termo de duas palavras (Learning e Factory) deve apresentar as características de ambas: Ser uma plataforma de ensino e aprendizado bem como proporcionar um ambiente que simula um ambiente real de produção. A Learning Factory, segundo Abele et al. (2015) tem origem em 1994 na National Science Foundation (NSF) nos Estados Unidos, onde o termo foi citado pela primeira vez. Com objetivos tecnológicos e/ou de inovação da organização (se usado para pesquisa) e desenvolvimento da competitividade, pela capacitação dos participantes a entender situações complexas e não-familiares (se usado para treinamentos e educação).

A Learning Factory abrange um espectro amplo de conceitos que podem ser estudados/testados: em seu significado mais restrito, fabrica produtos físicos, tem uma cadeia de valor real e o aprendizado ocorre na própria plataforma (em campo). Ao avaliar de forma mais ampla, ela estende o seu conceito para serviços (ao invés de produtos físicos), uma cadeia de valor virtual e uma abordagem de ensino virtual remota (ENKE, TISCH e

METTERNICH, 2016). A Figura 2.1 abaixo mostra algumas das características que são encontradas nas plataformas.

Part 1: Operating model Nature of operating institution (academic, industrial, etc.); teaching staff, funding	Initial funding	Internal funds	Public funds	Company funds				
	Ongoing funding	Internal funds	Public funds	Company funds				
Part 2: Purpose and Targets Strategic orientation of LF, Purposes, target groups, group constellation, targeted industries, subject matters	Funding continuity	Short term funding (e.g. single events)	Mid term funding (projects and programs < 3 years)	Long term funding (projects and programs > 3 years)				
	Business model for trainings	Open models Club model Course fees		Closed models (training program only for single company)				
Part 3: Process Adressed phases, inv. functions, material flow, process type, manufacturing methods & technologies, etc.	Main purpose	Education	Vocational training	Research				
	Secondary purpose	Test environment / pilot environment	Industrial production	Advertisement for production				
Part 4: Setting Learning environment (physical, virtual), work system levels, IT-integration, changeability of setting	Product Life Cycle	Product planning	Product development	Product design	Rapid Prototyping	Manufacturing Assembly Logistics	Service	Recycling
	Factory Life Cycle	Investment planning	Factory concept	Process planning	Ramp-up		Maintenance	Recycling
Part 5: Product Number of different products, variants, type and form of product, product origin, further product use, etc.	Order Life Cycle	Configuration & order	Order sequencing	Production planning and scheduling		Picking, packaging	Shipping	
	Dimensions learn. targets	cognitive		affective		psycho-motorial		
Part 6: Didactics Learning targets, type of learning environment (greenfield, brownfield), role of trainer, evaluation, etc.	Learn. scenario strategy	Instruction	Demonstration	Closed scenario	Open scenario			
	Type of learn. environment	greenfield (development of factory environment)		brownfield (improvement of existing factory environment)				
Part 7: Learning Factory Metrics Quantitative figures like floor space, FTE, Number of participants per training, etc.	Communication channel	Onsite learning (in the factory environment)		Remote connection (to the factory environment)				

Figura 2.1 Características observadas em Learning Factories. Fonte: ABELE *et al.* (2015)

A partir da revisão da literatura, ao utilizar o termo “Test Bed”, poucos artigos que citam metodologias de ensino foram encontrados, em compensação, ao pesquisar “Learning Factory” ou “Teaching Factory” somado ao termo “4.0” como palavra-chave, encontram-se artigos que levam em consideração o viés educativo de uma plataforma de testes que utilizam tecnologias contidas no conceito de Indústria 4.0. Os conceitos (Testbed, Learning Factory e Teaching Factory) remetem à uma plataforma cuja função é testar tecnologias, seja para o aprendizado ou para validar um artifício que possa ser replicado na indústria.

A procura pelo termo “Learning Factory” ao longo do tempo tem sido mais utilizada em detrimento do termo “Teachng Factory” como mostra a Figura 2.2. Isto serve como um guia de palavra-chave para pesquisa, e relaciona o termo learning factory como principal em uma busca de documentos. A Figura 2.2 também nos mostra o quão relevante as Learning Factories estão se tornando a partir do momento em que os documentos encontrados sobre o tema crescem exponencialmente.

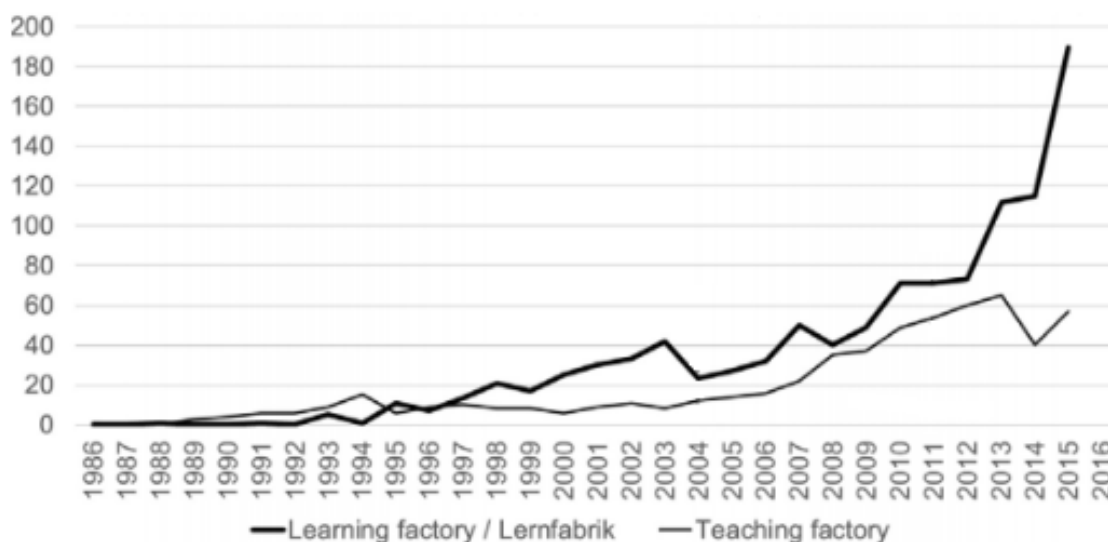


Figura 2.2: Desenvolvimento ao longo do tempo de abordagens sobre Learning Factory e o número de documentos no Google Scholar em relação aos termos Learning Factory e Teaching Factory. Fonte: TISCH e METTERNICH, 2017, adaptado.

Adicionalmente, no Quadro 2.1 abaixo encontram-se autores que mais são citados no assunto e que mais produziram documentos: Joachim Metternich e Eberhard Abele, com 24 e 15 documentos respectivamente, quando pesquisado “Learning Factory”, pela base Scopus, e, na mesma base, George Chryssolouris, um dos outros autores que colaboraram com a classificação, aparece com 10 documentos (maior contribuidor) quando pesquisada a palavra-chave “Teaching Factory”. A verificação foi feita também na base Web of Science como mostrado no Quadro 2.1, em que os autores com maior número de contribuições ao tema estão marcados com “*”.

Quadro 2.1 Resultados retornados ao pesquisar o número de trabalho dos autores por palavra-chave. Fonte: Elaboração do autor.

Autor	Learning Factory (Scopus)	Teaching Factory (Scopus)	Learning Factory (Web of Science)	Teaching Factory (Web of Science)
Joachim Metternich	24*	7	14*	-
Eberhard Abele	15	4	9	-
George Chryssolouris	10	10*	3	6

Embora as LF tenham sido criadas com o propósito educativo de ensinar e trazer o ambiente de produção mais próximo à realidade dos alunos, na literatura encontramos algumas funções adicionais dadas à esta plataforma.

As aplicações e cenários que mais aparecem na literatura quando se trata das *Learning Factories* estão explicitadas abaixo:

Aplicação Industrial

A metodologia consiste em expor o aluno à um ambiente semelhante ao fabril e o treinamento é focado em adquirir conhecimentos relevantes à indústria como, por exemplo, ensinar a metodologia *lean* em um ambiente fabril sem que para isso necessite a produção real de um produto, ou, no âmbito da indústria 4.0, o trabalho em conjunto entre operadores e robôs colaborativos. (GUALTIERI, 2018; CENTEA, 2019; MAVRIKIOS, 2019; CONRAD, 2019; UMEDA, 2019; STOJKIĆ, 2019)

Aplicação Acadêmica

A aplicação acadêmica consiste em expor o aluno a uma plataforma física e oferecer um curso com atividades que dão uma experiência real e um entendimento profundo sobre o assunto. Um exemplo deste tipo de metodologia é a *TU Wien Learning and Innovation Factory*, em que os estudantes não só aplicam, mas devem configurar diferentes interfaces dos componentes como softwares de planejamento, MES, ERP (SIHN e JÄGER, 2012; GUALTIERI, 2018; CENTEA, 2019; MAVRIKIOS, 2019; CONRAD, 2019; STOJKIĆ, 2019).

Aprendizado Remoto

O aprendizado remoto tem como base o *E-Learning*, onde o aluno não fica preso a uma plataforma física. O ensino remoto nos termos da Indústria 4.0 se beneficia das tecnologias de realidade virtual ou realidade aumentada. Isso faz com que o estudante tenha uma experiência próxima à real, sem a necessidade de interagir fisicamente com a plataforma (MAVRIKIOS, 2019)

Cenário de Produção Modular

Esta metodologia consiste em estudar o conceito de produção em módulos, em que a reconfiguração do *layout* da plataforma resulta na mudança da funcionalidade dela. Esse tipo de *learning factory* foca na integração de design de produtos, customização em massa e personalização. Um exemplo de aplicação é a *Intelligent Manufacturing Systems Centre* na Universidade de Windsor (ELMARAGHY, H., ALGEDDAWY, AZAB, e ELMARAGHY, W., 2011).

Aplicação em Consultorias

São muito similares à industrial. A empresa de consultoria McKinsey implementou uma *learning factory* com ensino e capacitação em diversos campos de aplicação, como por exemplo *Lean*, qualidade, design, eficiência energética, administração e TI (HAMMER, 2014; LI, 2019).

Cenário de Demonstração

Cenário comum em feiras de tecnologia, em que a fábrica inteligente possui diversos atributos tecnológicos que servem para a demonstração de ideias fundamentais do futuro da produção. Um exemplo prático deste tipo de *learning factory* é a *ESB Logistics Learning Factory* que é composta por seis estações de trabalho modulares, racks de supermercados, RFID, robôs e manufatura aditiva (ABELE *et al.* 2015).

2.2 Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação

A Plataforma Industrial para Pesquisa, Ensino e Formação em Automação ou PIPEFA, é uma *Learning Factory* criada na Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP com o intuito de testar novas tecnologias, realizar estudos e experimentos em engenharia de manufatura a fim de possibilitar a melhoria de desempenho, redução nos custos, maior flexibilidade e qualidade de tal sistema (SILVEIRA JUNIOR, 2016), realizar cursos de formação profissional e suportar trabalhos acadêmicos como monografias, dissertações e teses.

Formada por células flexíveis de manufatura integradas, a PIPEFA tem a característica de, além de ser construída para ter baixo custo operacional, ser modular e permitir diversas formas de montagem, além de ser construída para que, a partir da prototipagem rápida, possa ser facilmente montada e ser acessível para diferentes estudos simultaneamente.

A PIPEFA teve como foco e ensino e a formação de alunos do curso de Engenharia de Controle e Automação (SILVEIRA JUNIOR, 2016), modelagem empresarial (PEREIRA, 2001), testes e validação de tecnologias como redes industriais (IORIO, 2002), aquisição e atuação utilizando redes (ARAÚJO, 1997) e, em sua última versão, a PIPEFA foi constituída e integrada para servir de linha de montagem de peças de LEGO® em uma plataforma, como na Figura 2.3.

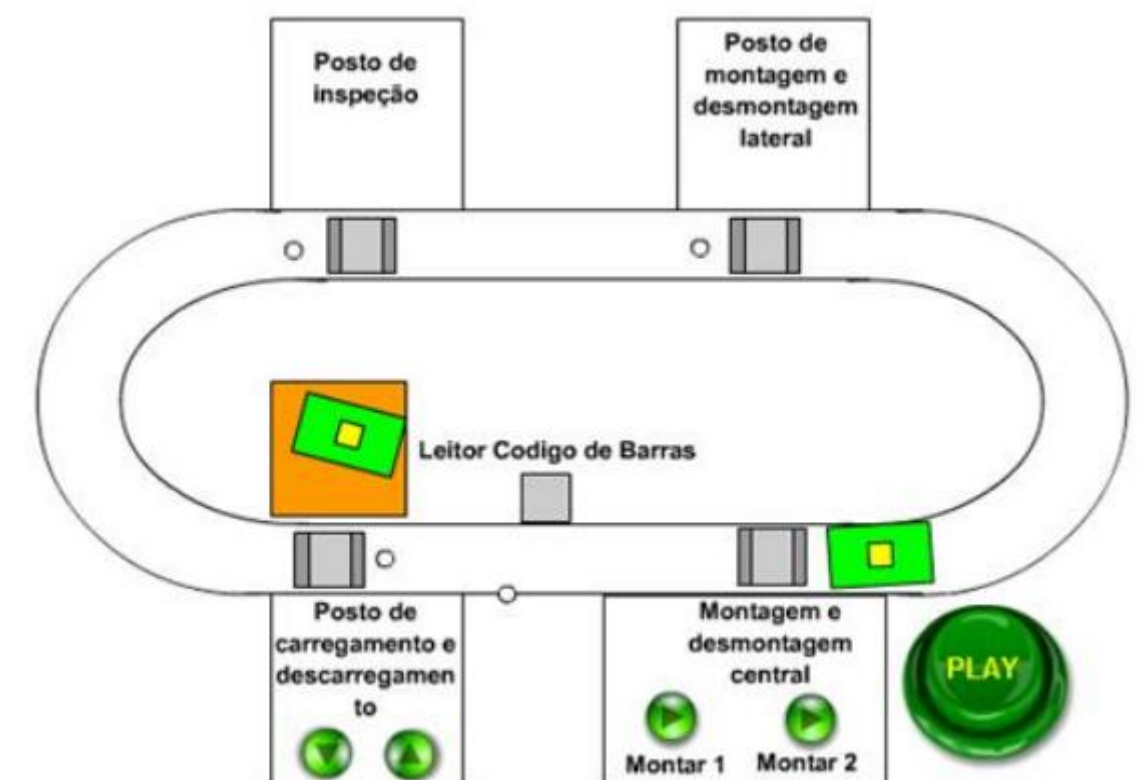


Figura 2.3 PIPEFA Esquematizada. Fonte: SILVERIA JUNIOR (2016)

A plataforma é constituída por uma base conforme figura 2.4, e nove peças de lego são dispostas nesta base de forma que, três “torres” compostas por até duas peças, sejam

montadas em locais fixos na plataforma verde. As peças possuem as cores vermelha, amarela e azul, e o “cliente” é o responsável por escolher como será montada de acordo com o código da figura 2.5

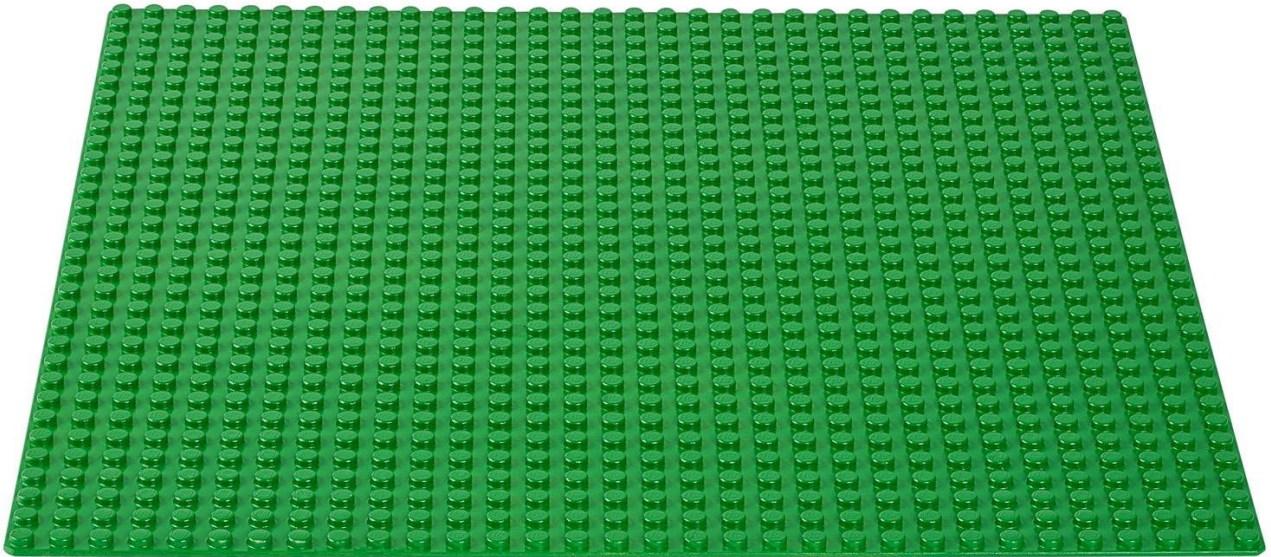


Figura 2.4 Plataforma de LEGO® onde as peças são montadas. Fonte:

<https://www.lego.com/en-gb/product/green-baseplate-10700> acessado em 14/12/2020 as

20:08





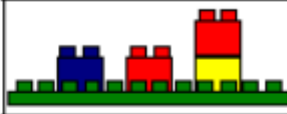





















PRODUTO	COD	PRODUTO	COD	PRODUTO	COD
	0001		0081		1041
	0004		0085		1044
	0005		0260		1045
	0016		0261		1105
	0017		0276		1109
	0020		0277		1300
	0021		0325		1301
	0065		0341		1365
	0069		1040		

Figura 2.5 Códigos de montagem de peças na plataforma. Fonte: SILVERIA JUNIOR (2016)

A PIPEFA também possui seis módulos e a função de cada um é descrito abaixo:

- **Módulo 1: Posto de Carregamento**

O posto de carregamento é o ponto onde se inicia a montagem da placa. São colocadas diversas placas e a linha é alimentada conforme demanda.

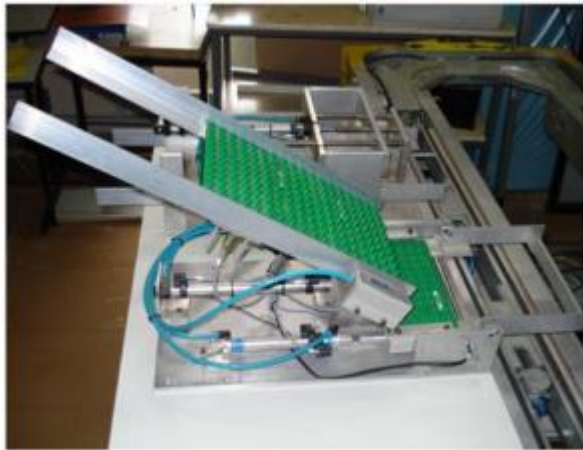


Figura 2.6 Posto de carregamento. Fonte: SILVERIA JUNIOR (2016)

- **Módulo 2: Verificação inicial do produto**

O módulo 2 é a etapa em que um leitor de código de barras faz a leitura da placa, envia o código para o Controlador Lógico Programável (CLP) e, a partir dessa informação, o sistema sabe qual será a forma de montagem requerida.

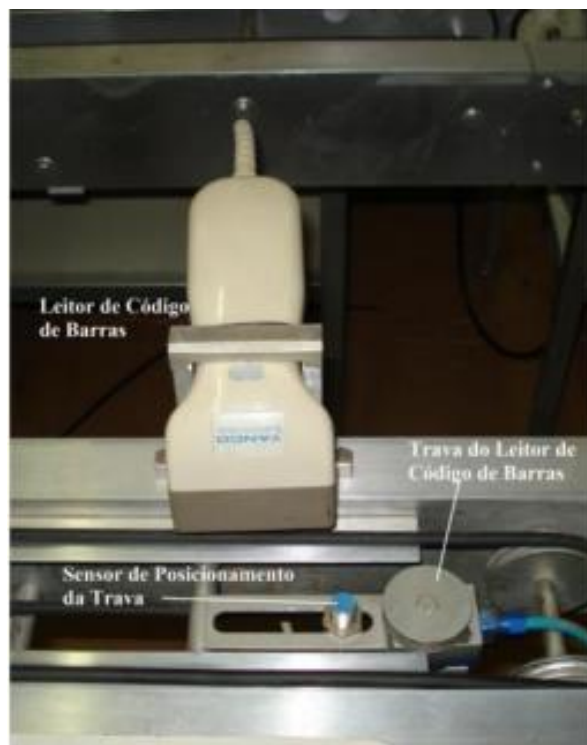


Figura 2.7 Verificação Inicial por Código de Barras. Fonte: SILVERIA JUNIOR (2016)

- **Módulo 3: Montagem Central**

O módulo 3 é onde acontece a montagem central da peça. Com um pistão pneumático e sensores de posição, a peça é encaixada na base.

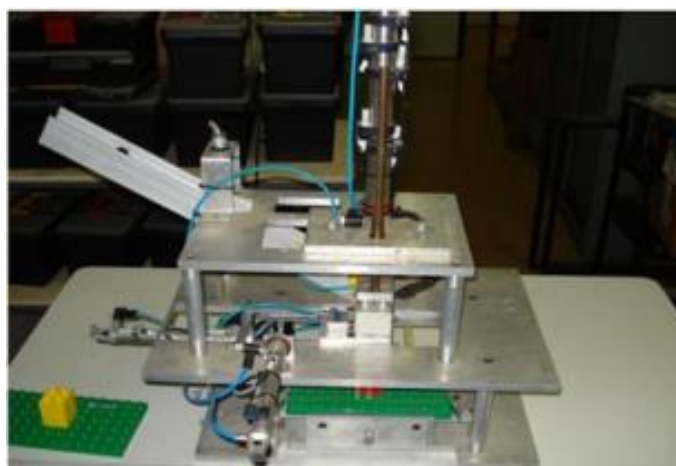


Figura 2.8 Módulo de Montagem Central. Fonte: SILVERIA JUNIOR (2016)

- **Modulo 4: Montagem Lateral**

Acontece da mesma maneira que a montagem central, porém, com o auxílio de um motor pneumático, a base é rotacionada para que seja colocada peças de ambos os lados.



Figura 2.9 Módulo de Montagem Lateral. Fonte: SILVERIA JUNIOR (2016)

- **Módulo 5: Inspeção e Controle de Qualidade**

A peça montada, por fim, passa por uma inspeção para averiguar se as peças estão montadas de acordo com a especificação inicial conforme cor, posicionamento e quantidade de peças.

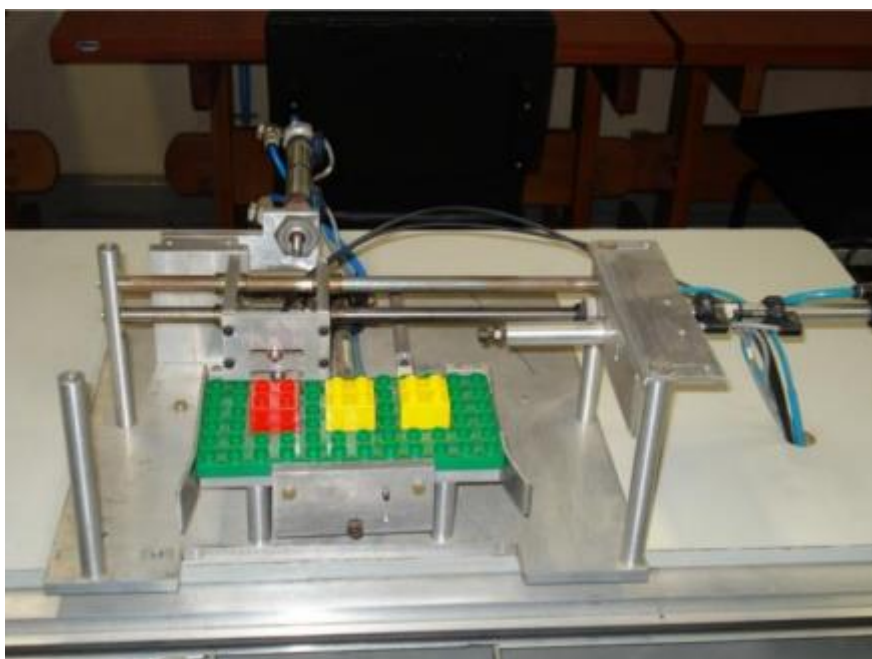


Figura 2.10 Módulo de Inspeção e Controle de Qualidade. Fonte: SILVERIA JUNIOR (2016)

- **Modulo 6: Posto de Descarregamento**

No final da linha de montagem e após a inspeção, o produto, se estiver em conformidade do que foi pedido é colocado em uma caixa por pistões pneumáticos. Caso o produto seja reprovado, ele é descartado em outra caixa pelos pistões.

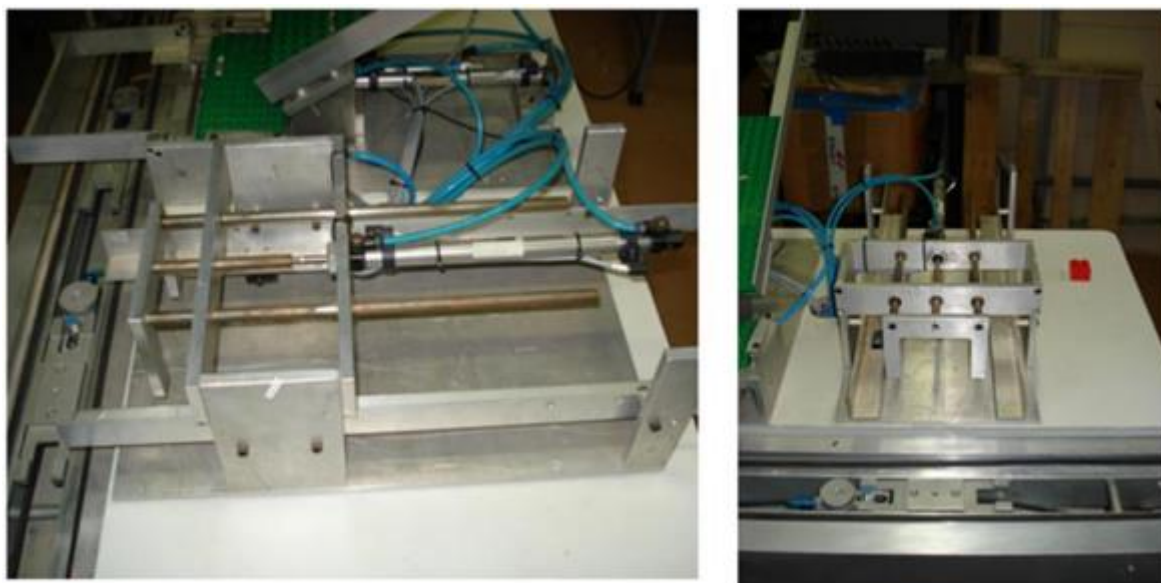


Figura 2.11 Módulo de Descarregamento da Peça. Fonte: SILVERIA JUNIOR (2016)

2.3 Metodologias de ensino

2.3.1 Aprendizado ativo

Ao se pesquisar na literatura, o conceito de aprendizado ativo possui diversas interpretações que variam de autor para autor. Segundo Prince (2004) e Bonwell e Eison (1991) no aprendizado ativo o aluno, além de ler e ouvir, deve participar ativamente, resolver problemas, discutir e ter um olhar crítico para as tarefas realizadas, o que contrasta com o ensino tradicional em que o aluno é um elemento passivo.

A atenção do aluno é essencial para o aprendizado, para Konopka, Adaime e Mosele (2015), uma das melhores maneiras de conseguir mudanças no *status quo*, em que alunos são tratados como “esponjas de conhecimento” (FREIRE, 2011), estão na prática de metodologias ativas, que podem ajudar o aluno a se concentrar melhor, ao se utilizar a práticas como a de pausas (RUHL, HUGHES E SCHLOSS, 1987), por exemplo. Portanto, uma boa metodologia ativa deve ser construtivista, colaborativa, interdisciplinar, contextualizada, reflexiva, crítica, investigativa, motivadora, desafiadora e humanista.

Na pesquisa de Ruhl, Hughes e Schloss (1987), 150 estudantes de medicina foram divididos em dois grupos, um deles foi submetido a aulas exploratórias em que, a cada 12 a

15 minutos de aula, seguia uma pausa de 2 a 3 minutos para que os alunos, em duplas, retrabalhassem e discutissem as anotações. Caso houvesse dúvidas, elas eram direcionadas ao professor, que respondia imediatamente. Ao final de cada aula, os alunos anotavam os pontos chave do que foi aprendido. Após quinze dias da conclusão das palestras, um teste de múltipla escolha de 30 itens foi aplicado a fim de mensurar a absorção de conhecimento. O outro grupo (controle) recebeu as mesmas palestras sem o uso do procedimento de pausa e foi testado de forma semelhante. Os resultados mostraram que, o grupo em que a técnica foi utilizada se saiu melhor que o grupo controle com uma probabilidade de significância menor que 0.05 (p -valor < 0.05) além disso, 83,6% dos alunos concordaram que este procedimento de pausa os ajudou a lembrar da matéria dada. A vantagem dessa ferramenta é que ela é simples de ser aplicada e não demanda tempo excessivo de aula, visto que a cada 15 minutos se pausam 3.

A prática colaborativa consiste na interação entre alunos ou entre aluno e professor, geralmente trabalha-se em grupos pequenos em que o foco é o entendimento ou resolução de um problema ou criação de um produto ou projeto e consiste na aplicação de conceitos aprendidos no curso. Para Smith e MacGregor (1992) o trabalho colaborativo põe os alunos para lidar com diferenças de opiniões, a lidar com o trabalho em conjunto, construir capacidades para tolerar ou resolver diferenças, estabelecer acordos que honrem todas as vozes de um grupo, cuidar de como os outros estão se saindo, ou seja, tratam de aspectos cruciais para se viver em uma comunidade. Com muita frequência, o desenvolvimento desses valores e habilidades é adquirido pelo aluno com a vida estudantil no campus. Estas habilidades são valiosas em sala de aula e não apenas nas atividades extracurriculares.

2.3.2 Problem based learning

Barrows foi um dos primeiros a utilizar o PBL como uma metodologia de ensino baseado em solucionar um problema como ponto de partida para obtenção e aquisição de novos conhecimentos (BARROWS, 1985). Esta metodologia muda os papéis tradicionais de aluno e professor. Os alunos são aprendizes e assumem a responsabilidade por seu próprio aprendizado enquanto o professor é um facilitador, treinando e desenvolvendo estratégias de solução de problemas (NEWSTETTER, 2006). Segundo Litzinger et al. (2011), o PBL ocorre em ciclos: é apresentado aos alunos um problema complexo e mal estruturado. Os alunos analisam e identificam as habilidades necessárias para resolvê-lo. Os alunos devem

trabalhar o problema de forma independente e depois cooperativamente para construir o conhecimento e apresentar uma solução. Este ciclo se repete até uma solução aceitável ser apresentada. Para Kou e Mehta (2005) e Barrows (1998), esta metodologia aumenta a retenção de conhecimento de longo e médio prazo.

2.3.3 Sala de Aula Invertida

A sala de aula invertida é uma metodologia de ensino em que as atividades didáticas são invertidas em comparação às tradicionais, ou seja, trocam-se as atividades que seriam feitas em sala de aula com atividades que são feitas fora dela e vice versa (LAGE, PLATT e TREGLIA, 2000). Segundo Bishop e Vergeler (2013), esta é uma metodologia que consiste em duas partes: atividades interativas em grupo dentro da sala de aula, em que a interação humana é a chave para esta parte acontecer, e a instrução direta pelo computador fora da sala de aula.

A vantagem dessa metodologia é a preparação previa do aluno para a aula que seguirá posteriormente. Isso deixa o professor livre para realizar atividades colaborativas com foco no aluno e este, em sua casa, pode aprofundar-se no tema estudado, criar perguntas para a aula presencial, finalizar tarefas que não foram concluídas, revisar materiais e consolidar seu conhecimento (ABEYSEKERA e DAWSON, 2015)

2.3.4 Ensino por Competências aplicadas à *Learning Factories*

Ao tratar da qualidade dos sistemas educacionais, as competências do aluno estão cada vez mais no foco da atenção, num crescente interesse entre os especialistas de avaliar os impactos da educação além da sala de aula. Por conta disso, o modelo de ensino por competências tem ganhado espaço dentre as metodologias (Rychen e Salganik, 2003; Biggs e Tang, 2011; Wilhelm, Forster e Zimmermann, 2019). Segundo Klieme e Leutner (2006) as competências são disposições cognitivas específicas do contexto em que são adquiridas, que permitem que o indivíduo, a partir da experiência, consiga obter sucesso ao lidar com desafios em um domínio específico como, por exemplo, uma criança que aprende a falar a língua materna, ou escrever um modelo matemático a partir de fenômenos observáveis.

Segundo Chomsky (1962), uma ação única, chamada por ele de “performance”, não é o suficiente para cobrir as competências fundamentais do que se deseja aprender. Por isso, é necessário ter diferentes ações independentes em diferentes situações a fim de obter conhecimento em determinada matéria.

Tishc *et al.* (2013) desenvolveram um guia, esquematizado na Figura 2.12, abaixo, que tem o propósito de auxiliar na abordagem sistemática para projetar LF orientadas para a ação e baseadas em competências, chamada de LFC-Guide ou *Learning Factory Curriculum Guide*. Este guia fornece um projeto de fábrica focado no desenvolvimento das competências necessária para um público alvo que utilizará a LF. Portanto, as competências pretendidas são chave central para a construção da LF e são o resultado de uma análise sistemática da organização e condições de pessoal (finalidade, tipo de produção e público alvo).

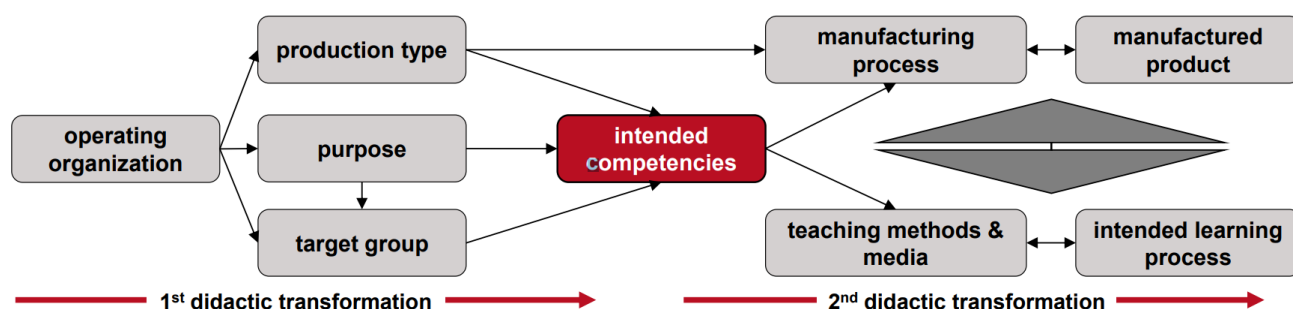


Figura 2.12 Esquema das Transformações Didáticas. Fonte: TISCH *et al.* (2013)

A LFC-Guide é composta por dois passos, denominados transformações didáticas:

- **Primeira Transformação Didática**

O foco da primeira transformação é a formulação das competências pretendidas, e que, segundo Erpenbeck e Rosenstiel (2007), podem ser divididas em quatro categorias interdependentes entre si: Competência pessoal, orientado a atividade/aplicação, especialista e metodológica, e social-comunicativa. As quatro competências, somada ao modelo de competências descrito por Tenberg (2011) resultam no modelo de competência da Figura 2.13 (abaixo).

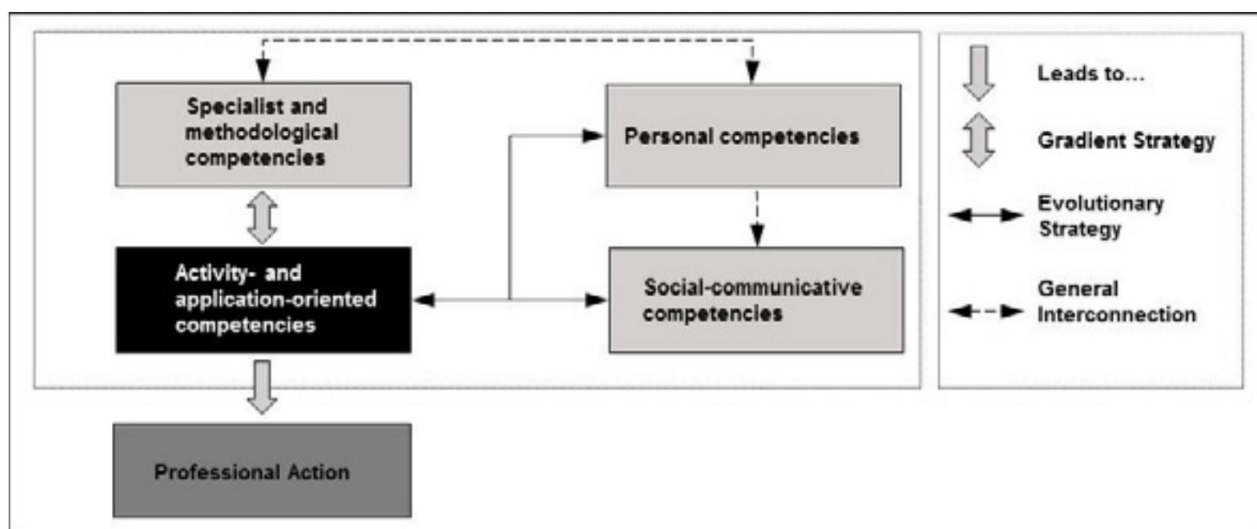


Figura 2.13 Modelos de Competência. Fonte: TISCH *et al.* (2013)

Presume-se que estas quatro categorias de competência podem ser suportadas nas LF, entretanto, o foco principal de uma LF está na competência especialista e metodológica. As competências pretendidas são resultado de três fatores, listados na Figura 2.12, dentro da primeira transformação didática:

- Tipo de produção: Ligado diretamente a operação organizacional do tipo de indústria escolhido, por exemplo uma montadora de peças, cujo volume de produção é elevado, ou uma fábrica de componentes personalizados com manufatura aditiva.
- Propósito: Possui ligação com a organização operacional e diz respeito ao objetivo final da LF, varia entre as aplicações apresentadas no capítulo 2.1 deste trabalho. A partir do propósito, pode-se definir também o público alvo da LF.
- Público Alvo: São os alunos que usufruirão da LF, podendo ser alunos de graduação, mestrado e doutorado, professores, consultores, gerentes e operadores da indústria.

A partir da definição das três variáveis explicitadas acima, pode-se decidir ações e conhecimentos específicos requeridos para atingir as competências-alvo, que possibilitarão a continuidade para a segunda transformação didática. O Quadro 2.2

abaixo, mostra um exemplo de como se deve construir a tabela de transformação de competências.

Quadro 2.2 Exemplo de Construção das Competências. Fonte TISCH *et al.* (2013)

Competency	Sub-competency		Corresponding action	Knowledge base		
Participant's ability to perform a waste analysis	1.1	Participant's ability to decide whether the waste analysis is useful in a specific situation	Decision on application of waste analysis	Knowledge about purpose and range of performing waste analysis; Understanding that a waste analysis is the starting point for process optimization		
	1.2	Participants ability to identify waste	Recognition of waste in the analyzed area	Definition of waste and the concept of value; Knowledge about the process of waste analysis; Waste reduces the value and contradicts customer requirements; Waste is only identified with on-site visits		
	1.3

- **Segunda Transformação Didática**

A segunda fase de implementação toma como base as competências pretendidas para poder encontrar a melhor metodologia de ensino a ser aplicada para seu desenvolvimento e que pode ser estruturado de duas maneiras diferentes. A primeira maneira é apresentar a parte teórica da matéria, e posteriormente o problema, para que os alunos, com o que foi aprendido, possam estruturar uma solução. A segunda maneira é apresentar o problema primeiro e depois a teoria. Ao se optar pela segunda forma, espera-se que o aluno, ao travar contato com o problema, fique ansioso para aprender como resolver o mesmo e portanto, puxe pela teoria necessária (CACHAY e ABELE, 2012)

Nesta segunda etapa, o processo de aprendizagem é a mistura de um ensino orientado para a ação e que geralmente inclui a resolução de problemas em um ambiente real com um ensino orientado à ciência, que exigem conhecimento conceitual e profissional. Ambos os ensinamentos se completam uma vez que os métodos de ensino utilizados não apenas transmitem conhecimentos, mas desenvolvem as competências dos participantes (MARSICK e WATKINS, 2001) e completam o ciclo de aprendizado com o planejamento, execução e avaliação do projeto prático.

Segundo Tisch *et al.* (2013), um dos maiores erros de projeto das *Learning Factories* é selecionar os produtos e o método de fabricação antes de selecionar as competências que se deseja desenvolver nos alunos, pois há a necessidade, de acordo com a figura 2.12, do produto a ser produzido pela LF, bem como o processo de fabricação do mesmo, se correlacione com o método de ensino e o processo de aprendizado pretendido para que se atinja o objetivo de desenvolver as competências nos alunos e assim finalizando o ciclo de aprendizado, que representa esta segunda etapa da transformação didática.

Capítulo 3

Metodologia

Este capítulo tem como objetivo a realizar uma revisão bibliométrica da literatura, levando em consideração as bases de dados internacionais: *Emerald Insight*, *Science Direct*, *Scopus*, *Springer* e *Web of Science* com o intuito de encontrar as metodologias de ensino mais utilizadas e que são voltadas para o ensino prático de engenharia, em que o aluno é o protagonista do aprendizado. Foi utilizado uma abordagem elaborada por Denyer e Tranfield (2009) a fim de evitar vieses e permitir a replicação deste trabalho para além da *Learning Factory* em questão, a PIPEFA. O procedimento encontra-se na Figura 3.1 abaixo.

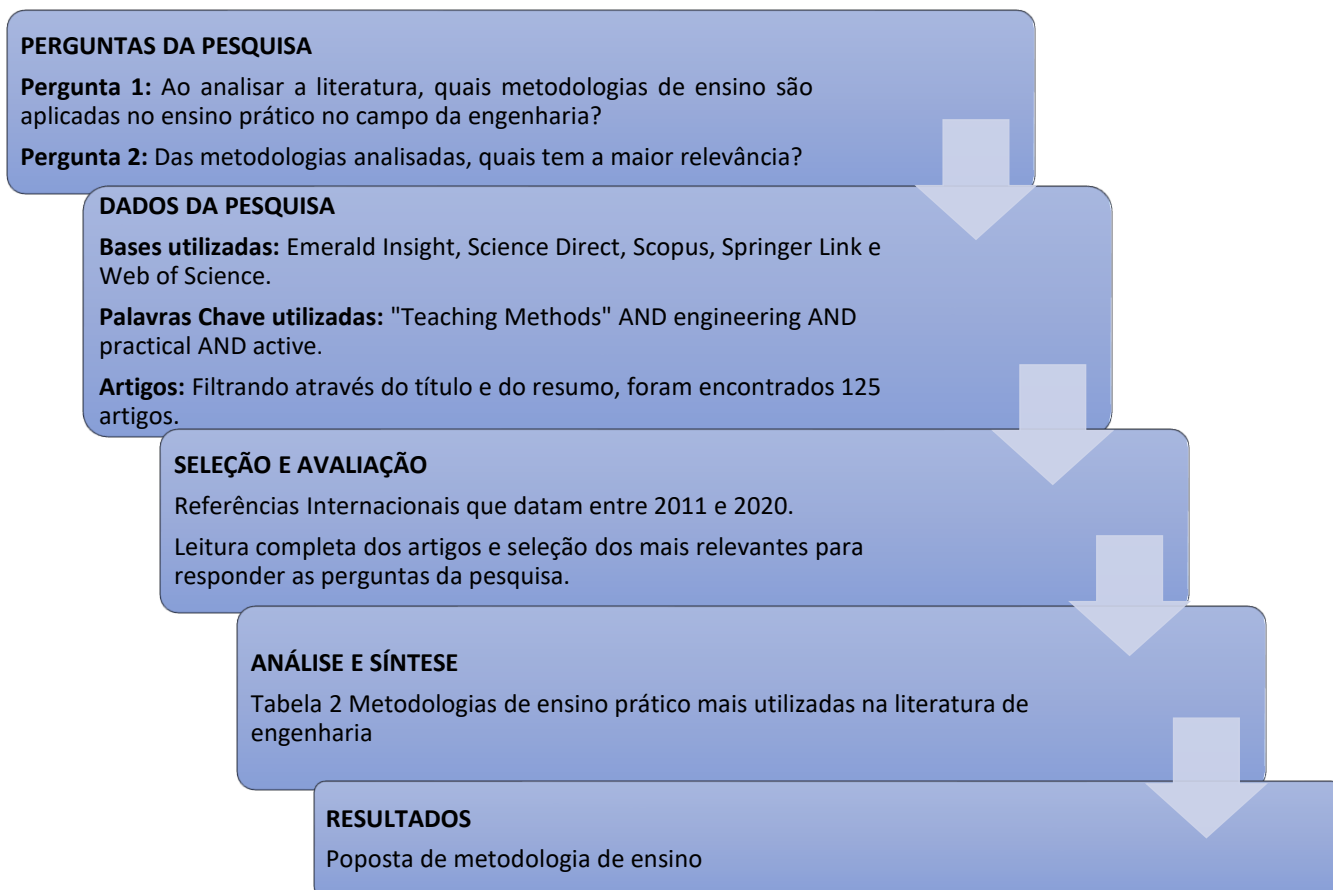


Figura 3.1 Elaboração da Revisão Bibliométrica. Fonte: Elaboração do Autor, adaptado de Denyer e Tranfield (2009)

Para responder as primeiras perguntas, foram pesquisadas as palavras chave “*Teaching method*” e, dentro do resultado de busca, incluiu-se as palavras “*Engineering*”, “*Practical*” e “*Active*”. Dos resultados encontrados, foram selecionados apenas os documentos mais recentes, que datam a partir de 2011. Este ano foi escolhido, pois é a primeira aparição do termo Indústria 4.0, em Hannover, na Alemanha (STELLA e ORDÓÑEZ, 2017) e conseqüentemente a aparição de tecnologias emergentes tanto na indústria quanto nas salas de aula dos cursos de engenharia.

Nas bases *Scopus*, *Science Direct* e *Web of Science* os resultados foram filtrados em documentos dentro da área de engenharia, já na *Emerald Insight* e na *Springer*, os resultados foram gerais, e, portanto, obteve-se um maior número de artigos. Os resultados foram colocados na Tabela 3.1 abaixo:

Tabela 3.1 Resultados da busca nas bases contendo as palavras-chave

Número de Resultados de "Teaching Method" +	Scopus	Emerald Insight	Science Direct	Springer	Web of Science
" "	4.644	3.925	3.138	2.550	10.356
"Engineering"	1.283	1.608	894	2.550	962
"Practical"	1.100	2.877	1.519	1.678	1.406
"Active"	819	1.968	1.668	1.105	681
Todas	312	718	321	772	15

Após a aplicação dos filtros, os resultados contendo todas as palavras-chave foram selecionadas manualmente pelo título e resumo. A realização da filtragem foi feita através da procura por artigos que aplicassem uma metodologia de ensino para fins práticos, como por exemplo a aplicação em LF, equipamentos, softwares, braços robóticos. Foram retirados os artigos que tratam de áreas distintas do conhecimento como educação física, farmácia, medicina e enfermagem. Desta filtragem, foram escolhidos 125 artigos que se enquadram nos parâmetros definidos acima.

Após coletados os 125 artigos, estes foram filtrados mais uma vez pela leitura integral de seu conteúdo com a finalidade de deixar apenas os artigos que aplicam metodologias práticas no ensino de engenharia, resultando em 83 artigos. As metodologias e seus respectivos artigos foram identificados e separados conforme a Tabela 3.2 abaixo.

Tabela 3.2 Metodologias de ensino prático mais utilizadas na literatura de engenharia

Metodologia de ensino	Autores
<i>Problem Based Learning</i>	(Hulla <i>et al.</i> , 2019; Martin, Conlon e Bowe, 2018; Bye, 2017; Maheso, Mpofu e Ramatsetse, 2019; Doddamani e Giriapur, 2014; Sgambi <i>et al.</i> , 2019; Menéndez <i>et al.</i> , 2019; Tortorella e Cauchick-Miguel, 2017; Yuxiang, 2011; Li e Quan, 2012; Xia <i>et al.</i> , 2014; Sun, 2011; Ogawa e Shimizu, 2018; Justo e Delgado, 2014, Chen, Wang e Li, 2012; Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018; Ferreira e Canedo, 2020; García <i>et al.</i> , 2019; Qiang e Yun, 2012; Zhang, Hansen e Andersen, 2016; Gómez-Tejedor <i>et al.</i> , 2020; Jian, 2019; Salihu e Nordin, 2019; Liu e Zhang, 2014; Andersen, Brunoe e Nielsen, 2019; Yan e Li, 2012; Maher <i>et al.</i> , 2015; Hava, 2020; Deep, Salleh e Othman, 2019; Babu, Daniel e Joshna, 2014; Li e Xu, 2011; Chen e Li, 2012; Aznar-Díaz <i>et al.</i> , 2020; Liang <i>et al.</i> , 2012 Sun <i>et al.</i> , 2014; Ming, Li, e Kechang, 2011; Ranbing, 2011; Li <i>et al.</i> , 2011; Huang, Cao e Wang, 2011; Feng <i>et al.</i> , 2011; Zhu, 2011; Yang e Shan, 2011; Li, Xing e Liu, 2011; Li e Ying, 2011; Zhou <i>et al.</i> , 2011; Liu <i>et al.</i> , 2011; Mayolo-Deloisa, Ramos-de-la-Peña e Aguilar, 2019; Caratozzolo, Alvarez-Delgado e Hosseini, 2019; Stejskalová <i>et al.</i> , 2019; Muñoz-García <i>et al.</i> , 2012; Wang <i>et al.</i> , 2017; Xu, Li e Lin, 2011; Razali e Zainal, 2013; Liang, Deng e Tao, 2011; González-García <i>et al.</i> , 2020; Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018; Haxhiymeri e Kristo, 2014; Yuxiang, 2011; Becker <i>et al.</i> , 2017; Yang, 2020; Wang <i>et al.</i> , 2012; Ke <i>et al.</i> , 2011, Yadav <i>et al.</i> , 2011; Balan, Yuen e Mehrtash, 2019; Zadok, 2019; Sultana, 2015; Hongmei e Rui-sheng, 2011; Kuppuswamy e Mhakure, 2020)
Sala de aula invertida	(Bye, 2017; Venkatapathy, 2014; Ogawa e Shimizu, 2018; Bergmann e Sams, 2014; Gómez-Tejedor <i>et al.</i> , 2020; Maheshwari, 2018; Jian, 2019; Zhu e Xie, 2018; Fernández, 2019; Maher <i>et al.</i> , 2015; Hava, 2020; Aznar-Díaz <i>et al.</i> , 2020; Wang <i>et al.</i> , 2017; Arnold-Garza, 2014)
Aprendizado por competências	(Hulla <i>et al.</i> , 2019; Maheso, Mpofu e Ramatsetse, 2019; Ogawa e Shimizu, 2018; Justo e Delgado, 2014; Chen, Wang e Li, 2012; Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018; Albano e Pierri, 2017; Dawei e Shanqiang, 2011; Ying, 2011; Fei-Chao, Da-Liang e Yan, 2011; Han <i>et al.</i> , 2011; Mayolo-Deloisa, Ramos-de-la-Peña e Aguilar, 2019; Onofrei e Ferry, 2020; Caratozzolo, Alvarez-Delgado e Hosseini, 2019; Tortorella e Cauchick-Miguel, 2018)
Aprendizado cooperativo	(Halkude e Aher, 2014; Martin, Conlon e Bowe, 2018; Blanco <i>et al.</i> , 2017; Sgambi <i>et al.</i> , 2019; Menéndez <i>et al.</i> , 2019; Yuxiang, 2011; Xia <i>et al.</i> , 2014; Guerrero <i>et al.</i> , 2020; Ogawa e Shimizu, 2018; Justo e Delgado, 2014; Zhang, Hansen e Andersen, 2016; Gómez-Tejedor <i>et al.</i> , 2020; Jian, 2019; Salihu e Nordin, 2019; Yan e Li, 2012; D'souza e Rodrigues, 2015; Maher <i>et al.</i> , 2015; Deep, Salleh e Othman, 2019; Ishkov e Leontiev, 2015; Li e Xu, 2011; Wang, 2011; Aznar-Díaz <i>et al.</i> , 2020; Banapurmath, Revankar e Gorawar, 2015; Liang <i>et al.</i> , 2012; ; Sun <i>et al.</i> , 2014; Huiting, 2011; Zhao <i>et al.</i> , 2011; Ranbing, 2011; Yuesheng, 2011; Li, Xing e Liu, 2011; Qiuyan, 2011; Liu <i>et al.</i> , 2011; Liqun, 2011; Zhang, Cao e Miao, 2011; Dongling e Zhihua, 2011; Zhao e Ling, 2011; Jin-Quan, 2011; Ren, 2011; Cao <i>et al.</i> , 2011; Ying, 2011; Jingkun e Jianlin, 2011; Yuxiang, 2011; Ni, 2011; Zhao, Cheng e Ding, 2011; Mayolo-Deloisa, Ramos-de-la-Peña e Aguilar, 2019; Onofrei e Ferry, 2020; Santos, Gohr e Vieira Júnior, 2012; Caratozzolo, Alvarez-Delgado e Hosseini, 2019; Stejskalová <i>et al.</i> , 2019; Muñoz-García <i>et al.</i> , 2012; Wang <i>et al.</i> , 2017; Razali e Zainal, 2013; Woschank e Pacher, 2020; Liang, Deng e Tao,

	2011; Haxhiymeri e Kristo, 2014; Yuxiang, 2011; Becker <i>et al.</i> , 2017; Wang <i>et al.</i> , 2012; Yuan, Zhao e Hu, 2012; Balan, Yuen e Mehrtash, 2019; Zadok, 2019; Sultana, 2015; Hong-mei e Rui-sheng, 2011; Kuppuswamy e Mhakure, 2020)
Project Based Learning	(Hulla <i>et al.</i> , 2019; Martin, Conlon e Bowe, 2018; Bye, 2017; Maheso, Mpofu e Ramatsetse, 2019; Doddamani e Giriapur, 2014; Sgambi <i>et al.</i> , 2019; Menéndez <i>et al.</i> , 2019; López, Luque e Márquez, 2011; Tortorella e Cauchick-Miguel, 2017; Yuxiang, 2011; Wang <i>et al.</i> , 2012; Xia <i>et al.</i> , 2014; Ogawa e Shimizu, 2018; Justo e Delgado, 2014; Chen, Wang e Li, 2012; Ferreira e Canedo, 2020; García <i>et al.</i> , 2019; Zhang, Hansen e Andersen, 2016; Jian, 2019; Salihu e Nordin, 2019; Li e Wang, 2011; Yan e Li, 2012; Maher <i>et al.</i> , 2015; Frás e Grigilo, 2016; Deep, Salleh e Othman, 2019; Babu, Daniel e Joshna, 2014; Ishkov e Leontiev, 2015; Li e Xu, 2011; Quianqian, 2011; Aznar-Díaz <i>et al.</i> , 2020; Banapurmath, Revankar e Gorawar, 2015; Liang <i>et al.</i> , 2012; Wu, Liu e Yi, 2011; Li e Ying, 2011; Jin-Quan <i>et al.</i> , 2011; Shu e Yan, 2011; Ming, Li e Kechang, 2011; Wu, Liu e Yi, 2011; Changli e Fuqiang, 2011; Shuangliang, 2011; Que e Secord, 2011; Yuesheng, 2011; Luo e Zhang, 2011; Cao, Huang, Xue e Yi, 2011; Huang, 2011; Jiang, Yan, Zhang, 2011; Chuan-Hai, 2011; Guochen, Kuishan, e Jing, 2011; Mayolo-Deloisa, Ramos-de-la-Peña e Aguilar, 2019; Santos, Gohr e Vieira Júnior, 2012; Caratozzolo, Alvarez-Delgado e Hosseini, 2019; Wang <i>et al.</i> , 2017; Xu, Li e Lin, 2011; Liang, Deng e Tao, 2011; Cao <i>et al.</i> , 2011; Yang, 2020; Yuan, Zhao e Hu, 2012; Yadav <i>et al.</i> , 2011; Balan, Yuen e Mehrtash, 2019; Zadok, 2019; Sultana, 2015; Hong-mei e Rui-sheng, 2011; Kuppuswamy e Mhakure, 2020)
Construtivismo	(Martin, Conlon e Bowe, 2018; López, Luque e Márquez, 2011; Fernández, 2019; Sujing, 2012; Wang <i>et al.</i> , 2012; Sultana, 2015)
Aprendizado assistido por pares	(Zhang, Hansen e Andersen, 2016; Jian, 2019; D'souza e Rodrigues, 2015; Maher <i>et al.</i> , 2015; Aznar-Díaz <i>et al.</i> , 2020; Yin <i>et al.</i> , 2011; Zhao, Cheng e Ding, 2011; Mayolo-Deloisa, Ramos-de-la-Peña e Aguilar, 2019; Santos, Gohr e Vieira Júnior, 2012; Caratozzolo, Alvarez-Delgado e Hosseini, 2019; Muñoz-García <i>et al.</i> , 2012; Wang <i>et al.</i> , 2017; Becker <i>et al.</i> , 2017; Arnold-Garza, 2014; Sultana, 2015)

A partir da Tabela 3.2 acima podemos responder as perguntas feitas no começo deste capítulo:

- **Pergunta 1:** Ao analisar a literatura, quais metodologias de ensino são aplicadas no ensino prático no campo da engenharia?

As metodologias encontradas e que podem fazer parte da PIPEFA são: PBL, Sala de aula invertida, Aprendizado por competências, Aprendizado cooperativo, *Project based learning*, Construtivismo e Aprendizado assistido por pares.

- **Pergunta 2:** Das metodologias analisadas, quais tem a maior relevância?

Os mais relevantes são: PBL, *Project Based Learning*, e o Aprendizado Cooperativo, seguido de Aprendizado por competências, Aprendizado por

pares e Sala de aula invertida. Como o Construtivismo teve apenas seis aparições nos resultados, será descartado da análise.

Portanto, a partir da bibliometria, escolhe-se, para elaborar a metodologia, o PBL, sala de aula invertida, *Project based learning*, aprendizado por competências e aprendizado cooperativo. O aprendizado assistido por pares foi retirado da metodologia pois nela, quem ensina são os próprios alunos, o que foge do objetivo da pesquisa.

Capítulo 4

Proposta de Metodologia de Ensino

O processo de aprendizado possui três agentes que devem interagir entre si: o aluno, o professor e a sociedade. O principal agente no processo de aprendizado de um aluno é o professor, que deve ter o pleno domínio do saber no que se refere ao conteúdo e a forma em que este é transmitido, e de como desenvolver no aluno o senso crítico reflexivo para o que é ensinado. Neste capítulo elabora-se cinco passos, que vai desde a preparação do aluno no começo da matéria a ser aplicada, até a avaliação final.

Do capítulo de metodologia são utilizadas as práticas com maior relevância na metodologia de ensino: *Project/Problem based learning*, Sala de aula invertida, o aprendizado cooperativo e o aprendizado com foco nas competências.

4.1 Preparação da Matéria

A primeira etapa tem como objetivo a preparação da matéria a ser dada, levando como base o ensino por competências aplicados à LF elaborada por Tishc *et al.* (2013). O primeiro passo para analisarmos as competências requeridas é seguir o fluxograma da Figura 2.12 e preencher as informações para que assim possamos ter um alicerce sólido para construirmos o conhecimento pretendido nos alunos. Utilizando o Quadro 4.1 abaixo como guia, pode-se chegar nas competências a serem desenvolvidas nos utilizadores da PIPEFA, como no exemplo do Quadro 4.2, em que se utilizou como base um tipo de produção com grande volume para aplicação industrial com alunos de graduação.

Quadro 4.1. Preparação de competências. Fonte: Elaborado pelo autor

Tipo de Produção	() Volume de produção elevado () Alta personalização e poucas peças () Aplicação de serviços
Propósito	() Aplicação Industrial () Aplicação Acadêmica () Aprendizado Remoto () Produção Modular () Aplicação em consultoria () Cenário de demonstração
Público Alvo	() Alunos de Graduação () Alunos de Mestrado/ Doutorado () Alunos Técnicos () Professores () Gerentes de indústria () Operadores de indústria

Quadro 4.2. Exemplo de tabela de competências. Fonte Elaborado pelo autor, adaptado de TISCH *et al.* (2013)

Compe- tência	Sub-Competência	Ação corres- pondente	Base de conhecimento	
Habilidade do aluno em utilizar reconhecimento de imagens para atestar qualidade	1.1	Habilidade de integrar <i>hardware</i> e <i>software</i>	Fazer a câmera se comunicar com o <i>software</i> e com o CLP	Conhecimento de redes de comunicação; Conhecimento de controladores e seus IO's; Conhecimento sobre o CLP e o software
	1.2	Habilidade de utilizar linguagem de programação	Criar um programa que armazene a qualidade do produto	Conhecimento em linguagem de programação
	1.3	Habilidade de treinar uma Inteligência artificial	Criar um programa que utilize IA para verificar qualidade	Conhecer ferramentas de IA; Saber alimentar com informações a IA; Saber guardar as imagens em banco de dados.

Após completar o quadro de competências para a matéria, é necessário formular a segunda transformação didática de Tisch *et al.*, (2013), em que se diz respeito da morfologia da *Learning Factory* e sobre como será passado este conhecimento, a fim de atingir as competências pretendidas. Este passo é diluído nos capítulos posteriores em que se diz respeito às aulas e como será passado o conhecimento.

4.2 Preparação dos alunos

A segunda etapa tem como objetivo conhecer o aluno, suas experiências individuais e sua bagagem teórica e prática em relação ao conteúdo a ser aplicado. É o ponto de partida para o professor pois é nesta etapa em que se conhece a bagagem intelectual dos alunos e também suas experiências anteriores sobre o tema. A ideia é que haja um diálogo aberto e que se encoraje a participação ativa dos alunos, para que o professor consiga realizar uma avaliação diagnóstica e possa iniciar sua mediação. É importante equalizar os saberes necessários para que se possa seguir para a próxima etapa.

É nessa etapa que os alunos conhecem o estado da *Learning Factory* e travam o primeiro contato com ela. É dado um Input teórico para treinar o básico dos participantes sobre a indústria 4.0, seus desafios e oportunidades, além de todo o ferramental disponível na PIPEFA. Toda a parte teórica segue o conceito de sala de aula invertida, onde os alunos, em casa, têm toda a teoria nas suas mãos. Esta parte teórica pode ser dada em videoaulas, materiais de leitura ou vídeos de exemplos práticos.

4.3 Contextualização

Nesta etapa, alunos e professores, em conjunto, discutem as questões a serem resolvidas no âmbito da indústria 4.0, sua relação com a sociedade, economia, indústria, desenvolvimento, aplicação nas vidas pessoais e profissionais e, dentro do apresentado, que tipo de conhecimento é necessário dominar. Além disso, é importante apresentar aos alunos cases reais solucionados com a tecnologia habilitadora da I4.0 e as últimas pesquisas sobre o tema para aproximá-los e estimular o pensamento de resolução de problemas apoiados em tais ferramentais. Portanto, as questões levantadas pelo professor devem, além de inserir os alunos dentro do contexto, fomentar o pensamento crítico e estimular o

seu interesse e curiosidade pelo assunto e, conseqüentemente, a busca pelo aprofundamento do conhecimento.

É aqui onde os projetos a serem resolvidos durante o período são explicados pelos professores, bem como a dinâmica da matéria.

4.4 Prática

Esta é a etapa em que se coloca o conteúdo discutido em prática e, neste caso, a utilização da *Learning Factory* como base de aprendizado ativo. Esta mudança no paradigma de ensino requer a criação de novos procedimentos e novos materiais didáticos para que se possa obter a sinergia entre teoria e prática. Este é o momento em que se apresenta aos alunos, através de ações docentes adequadas, o conhecimento científico, formal, abstrato, conforme as dimensões escolhidas na fase anterior. No quadro 4.3 abaixo se encontra um resumo desta etapa.

Quadro 4.3. Aprendizado em *Learning Factories*. Fonte: Elaborado pelo autor

Método de aprendizado	PBL, Projetos Práticos, Sala de aula Invertida, cooperativo e focado em competências.
Ambiente de aprendizado	<i>Learning Factory</i> e casa do aluno
Foco	Centrado no aluno
<i>Approach</i>	Aplicação de conhecimento teórico e conceitual na LF

Nesta etapa os desafios do professor são: construir novas abordagens para a educação de manufatura, a fim de modernizar o processo de ensino e aproximá-lo do industrial prático, alavancar a prática industrial por meio de novos conhecimentos, diminuir a lacuna entre manufatura baseada em recursos (trabalho e capital) e fabricação baseada no conhecimento (informações e conhecimento) e estabelecer e manter o crescimento saudável da indústria (CHRYSSOLOURIS, MAVRIKIOS e RENTZOS, 2016).

O intuito da *Learning Factory* é aproximar uma produção industrial real da sala de aula, portanto, se faz necessário para a sua implementação um projeto industrial com o objetivo de aproximar a prática acadêmica à industrial. O projeto pode abranger temas como ciclo de vida do produto, automação, manutenção autônoma e a própria produção de um

produto, e pode ou não ser um exemplo de problema real. Pode também abranger ferramentas específicas como IoT, Inteligência artificial, *Digital Twin*, *Big Data*.

As aulas são divididas em exploratórias e práticas. A aula exploratória, como explicitado na etapa de contextualização, deve tratar de explanar o conteúdo de forma didática aos alunos e deve também ser uma atividade para fora de sala de aula, conforme a metodologia de sala de aula invertida. Nesta aula, o aluno deve anotar as dúvidas e questionamentos para serem discutidas com os outros alunos e o professor.

As aulas práticas baseiam-se na metodologia aplicada por Ruhl, Hughes e Schloss (1987): Ao fim de cada aula, os alunos, em duplas, ou grupos pequenos, têm um tempo de cinco a dez minutos para discutir e retrabalhar sobre as anotações. Em caso de dúvidas elas devem direcioná-las ao professor e os alunos também devem anotar os pontos chave do que foi aprendido. Na Tabela 4.1 abaixo está um exemplo de estrutura de aulas, o que deve ser feito antes, no começo, durante e depois das aulas.

Tabela 4.1. Exemplo de estrutura de aula. Fonte: Elaborado pelo autor

<i>Timeline</i>	Metodologia
Antes da aula	Alunos obtêm um Link e o cronograma para as aulas no youtube. Recebem um plano de trabalho das atividades a serem realizadas.
Começo da aula	Perguntas são direcionadas ao professor. Alunos trabalham no plano com os conceitos aprendidos nas vídeo aulas. Professor responde as dúvidas dos alunos.
Durante a aula	Aula prática; Resolução de problemas práticos; Demonstrações e discussões com um expert de campo. Professor é o facilitador das atividades. Professor motiva os alunos a participar, usa casos reais e expõe os alunos à pesquisa, mostrando o estado da arte do que está sendo ensinado.
Depois da aula	Alunos continuam com a aula em vídeo após serem motivados pelas atividades e usarem as ferramentas das aulas práticas. Professor disponibiliza respostas das atividades realizadas em aula.

Os projetos da LF devem seguir os ciclos do PBL: é apresentado um problema pelo professor e os alunos trabalham nele individualmente e, em seguida, unidos em pequenos

grupos trabalham nesse problema para apresentar uma solução viável. O professor, nesse caso, é apenas um facilitador.

Para a realização desses projetos e a proposição de diferentes tipos de problema na mesma LF, utiliza-se o conceito de modularização, em que cada módulo possa ser montado de diferentes maneiras dentro de uma LF e que possam oferecer diferentes tipos de experiência para o aluno. Por exemplo, dado um problema para grupos de alunos, eles terão que pensar em uma solução utilizando ferramentas da I4.0. Um grupo pode resolver o problema com *Big Data* e Inteligência Artificial, enquanto outro grupo utilizou um sistema de visão e Inteligência Artificial. Ambos os grupos terão que pôr em prática suas soluções, por isso com uma LF modularizada, pode-se de maneira rápida colocar as duas em prática.

4.5 Avaliação

Este é o momento em que o aluno demonstra que adquiriu o conhecimento e as competências, portanto, entendeu e absorveu o conteúdo passado. É importante pois é nela e que o professor saberá se alcançou os objetivos da aula e se poderá avançar no processo pedagógico.

Nesta metodologia, utiliza-se a prática do aprendizado ativo de Ruhl, Hughes e Schloss (1987) como forma parcial de avaliação. A cada quinze dias os alunos são submetidos a um teste teórico de múltipla escolha de aproximadamente 30 itens a fim de mensurar a absorção de conhecimento. A segunda parte da avaliação é feita pelas entregas do projeto prático. O professor é o responsável por organizar e avaliar entregas parciais do projeto final, a fim de acompanhar o progresso dos alunos e sanar suas dúvidas antes da entrega do projeto final. O projeto final é avaliado próximo ao fim da matéria e leva em consideração o que os alunos aprenderam durante o período, como e porque foi realizado o projeto, interesse e motivação nas aulas e, por fim, a funcionalidade do projeto e se ele se propõe a solucionar o problema proposto no início do período.

Na Figura 4.1, abaixo, encontra-se uma esquematização da metodologia, que resume todas as cinco etapas propostas.

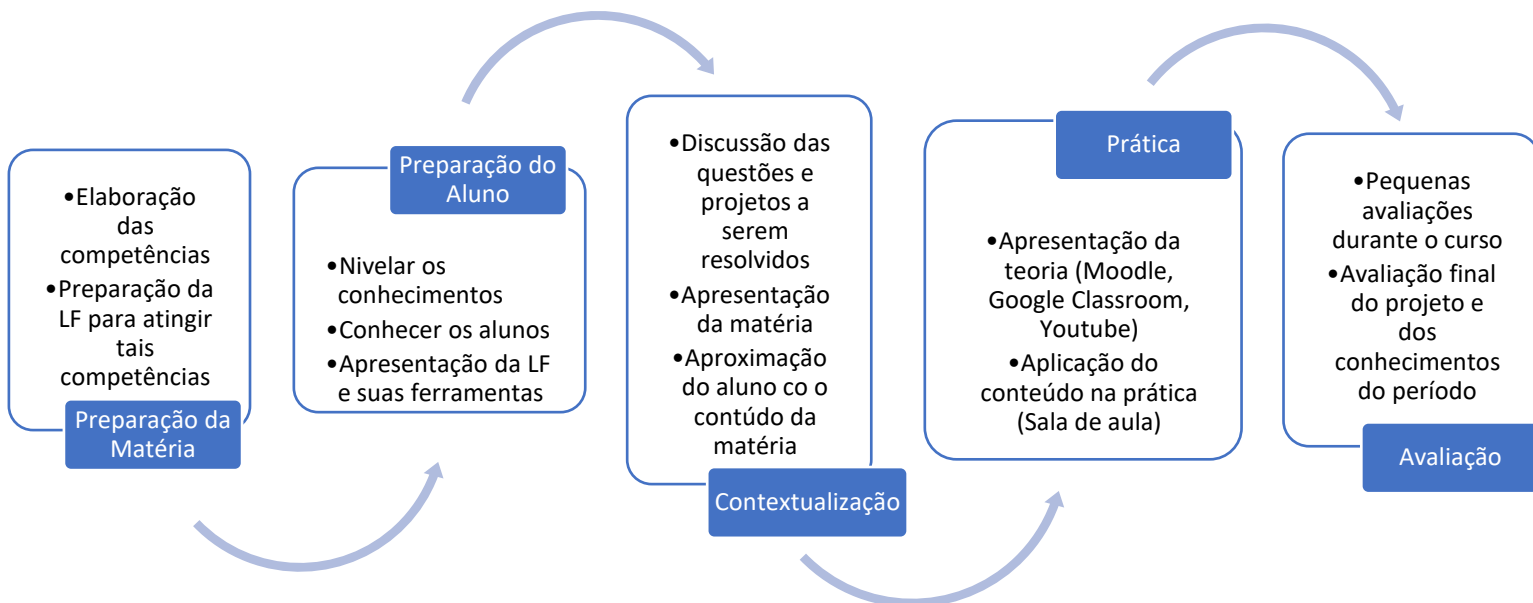


Figura 4.1 Resumo dos cinco passos da metodologia. Fonte: Elaborado pelo autor

Capítulo 5

Conclusão

Neste trabalho foi elaborada uma proposta de metodologia de ensino baseada nas ferramentas com maior relevância na literatura (PBL, *Project Based Learning*, Sala de aula invertida, Aprendizado por Competências e Aprendizado Cooperativo), com o intuito de criar um ambiente voltado para o aprendizado prático, centrado no aluno, rompendo com as práticas tradicionais de ensino, onde o aluno é uma peça passiva que apenas recebe o conhecimento. Para atingir este objetivo foram definidos cinco passos para aplicá-la, e foi feita uma recomendação de roteiro para guiar seu uso em sala de aula e exemplos para melhor entendimento das etapas. Todo o anterior utilizará como suporte a PIPEFA.

As práticas pedagógicas devem passar por constantes revisões a fim de valorizar a produção de conhecimento crítico, e não apenas a reprodução de conteúdo. Essas revisões das práticas começam na análise da relação entre os alunos e professores, ou seja, os coautores do processo de ensino e aprendizado (TEODORO, 2010)

Como recomendação para trabalhos futuros, pode ser proposta a validação dessa metodologia através da criação de grupos de trabalho ou um grupo piloto de alunos.

Referências Bibliográficas

- Abele, Eberhard; Chryssolouris, George; Sihn, Wilfried; Metternich, Joachim; Elmaraghy, Hoda; Seliger, Günther.; Sivard, Gunila; Elmaraghy, Waguih; Hummel, Vera; Tisch, Michael; Seifermann, Stefan. Learning Factories For Future Oriented Research And Education In Manufacturing. *Cirp Annals*, V. 66, N. 2, 2017, P. 803-826, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.05.005>, 2017
- Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; Tisch, Michael; Chryssolouris, George; Sihn, Wilfried; Elmaraghy Hoda; Hummel, Vera; Ranz, Fabian. Learning Factories For Research, Education, And Training. The 5th Conference On Learning Factories. *Procedia Cirp*, V. 32, P. 1-6, 2015
- Abeyssekera, L., Dawson, P.: Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research & Development* 34(1), 1–14, 2015
- Adam, Martin; Hofbauer, Maximilian; Mandl, Bernhard. Integration Of It Into A Lean Basic Training: Target Group-Specific Insights And Recomendations. 9th Conference On Learning Factories. *Procedia Manufacturing*, V. 31, P. 51-59, 2019.
- Albano G, Pierri, A. Digital storytelling in mathematics: a competence-based methodology. *J Ambient Intell Hum Computing* 8(2):301–312, 2017
- Andersen, Ann-Louise; Brunoe, Thomas D.; Nielsen, Kjeld. Engineering Education in Changeable and reconfigurable Manufacturing: Using Problem-Based Learning in a Learning Factory Enviroment 52nd CIRP COnference on Manufacturing Systems. p. 7-12. 2019
- Araujo, Olga Fernanda Nabuco de. Proposta de utilização de rede de comunicação em uma célula – Nível de Aquisição e Atuação, C Barrows, H.S., The essentials of problem-based learning. *Journal of Dental Education*, Vol. 62, No. 9, 1998, pp. 630–633
- Arnold-Garza, S. (2014). The Flipped Classroom Teaching Model and Its Use for Information Literacy Instruction. *Communications in Information Literacy*, 8 (1), 7-22. <https://doi.org/10.15760/comminfolit.2014.8.1.161>. 2014
- Aznar-Díaz, Imaculada; Hinojo-Lucena, Francisco-Javier; Cáceres-Reche, Marías-Pilar; Romero-Rodriguez, José-Maria. Pedagogical Approaches in the Knowledge Society: The Flipped Classroom Method for the Development of Creativity and Dialogical Learning. *IJETL* v.15, n.03, p. 4-14, 2020
- Babu, C. V. Suresh; Daniel, Vijay; Joshna, S. Innovative Method of Teaching Digital Signal Processing Using Ubiquitous Learning Strategies. , Proceedings of the International Conference on Transformations 323 in Engineering Education: ICTIEE 2014, DOI 10.1007/978-81-322-1931-6_38. P.323-335, 2014
- Balan, Lucian; Yuen, Timber; Mehrtash, Moein. Problem-Based Learning Strategy for CAD Software Using Free-Choice and Open-Ended Group Projects. 12th International conference interdisciplinarity in Engineering. 2019
- Banapurmath, N. R.; Revankar, P. R. Gorawar, M. B. Pedagogical Transformation in Heat and Mass Transfer Laboratory Course of Undergraduate Mechanical Engineering Program. Proceedings of the International Conference on Transformations 451 in Engineering Education: ICTIEE 2014, DOI 10.1007/978-81-322-1931-6_52, 2015
- Becker, Erin A.; Easlou, Erin J.; Potter, Sarah C.; Guzman-Alvarez, Alberto; Spear, Jensen M. Facciotti, Marc T.; Igo, Michele M.; Singer, Mitchell; Pagliarulo, Cristopher. The Effects of Practice-Based Training on Graduate Teaching Assistants' Classroom Practices. *CBE Life Sci Educ* December 1, 2017 16:ar58, DOI:10.1187/cbe.16-05-0162. 2017

- Bergmann J, Sams. A. Flipped learning: gateway to student engagement. Int Soc Technology Education, 2014
- Biggs, J.; Tang. Teaching for Quality Learning at University, 3rd ed.; Open University Press: Buckingham, UK, 2011
- Bishop, J.L., Verleger, M.A.: The flipped classroom: A survey of the research. In: ASEE National Conference Proceedings, Atlanta, GA. v. 30, 2013
- Blanco, Moises; Gonzalez, Cristina; Sanchez-Lite, Alberto; Sebastian, Miguel A. A Practical Evaluation of a Collaborative Learning Method for Engineering Project Subjects. IEEEAccess, v. 5, p. 19363 – 19372, 2017
- Bonwell, C.C., and J. A. Eison, "Active Learning: Creating Excitement in the Classroom," ASHEERIC Higher Education Report n.1, George Washington University, Washington, DC , 1991.
- Bye, Robin T.; A Flipped Classroom Approach for Teaching a Master's Course on Artificial Intelligence. 9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU '17), 2017
- Cachay, J; Abele, E; 2012, Developing Competencies for Continuous Improvement Processes on the Shop Floor through Learning Factories, Procedia CIRP/3:638 43.
- Cachay, Jan; Wennemer, Jan; Abele, Eberhard; Tenberg, Ralf. Study on Action-Oriented Learning with a Learning Factory Approach. Procedia – Social and Behavioral Sciences. V. 55, p. 1144 – 1153. 2012
- Cao, Jianda; Huang, Lixin; Xue, Yuan; Yi, Honglei. The Establishment and Practice of Textile Engineering Applied Professionals Training Model. Engineering Education and Management, LNEE 112, pp. 611–616. 2011
- Caratozzolo, Patricia; Alvarez-Delgado, Alvaro; Hosseini, Samira. Strengthening critical thinking in engineering students. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM) (2019) 13:995–1012 <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00559-6>. 2019
- Cedefop (2010) Skills Supply And Demand In Europe: Medium-Term Forecast Up To 2020, Publications Office Of The European Union, Luxembourg. [Http://Www.Cedefop.europa.eu/En/Publications-And-Resources/Publications/3052](http://www.Cedefop.europa.eu/En/Publications-And-Resources/Publications/3052) (Acessado Em 31 De Maio De 2019)
- Centea, Dan; Singh, Ishwar; Elbestawi, Mo. Sept Approaches For Education And Training Using A Learning Factory, Procedia Manufacturing, V. 31, P. 109-115, 2019
- Chen, Yuhai; Wang, Huabiao; Li, Fengxiao. College Practical Teaching of Civil Engineering. Proceedings of the International Conference on Information Engineering and Applications (IEA) 2012, Lecture Notes in Electrical Engineering 217, DOI: 10.1007/978-1-4471-4850-0_5. 2012
- Chen, Yuliang; Li, Jing. Machinery Professional Class Teaching and Research Based on the Case.): Future Wireless Networks and Information Systems, LNEE 144, pp. 293–297, 2012
- Chomsky, Noam. Explanatory Models in Linguistics. MIT, Massachussetts. Cap. IX, p. 528-550. 1962
- Chryssolouris, George; Mavrikios, Dimitris; Rentzos, Loukas. The Teaching Factory: A Manufacturing Education Paradigm. 49th Cirp Conference On Manufacturing Systems (Cirp-Cms 2016). Procedia Cirp, V. 57, P. 44-48, 2016.
- Confederação Nacional Da Indústria. Desafios Para Indústria 4.0 No Brasil. Brasília. Cni, 2016. [Http://Www.Portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/Desafios-Para-Industria-40-No-Brasil/](http://www.Portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/Desafios-Para-Industria-40-No-Brasil/) (Acessado Em 30 De Maio De 2019)

- Conrad, Anna; Oberc, Henning, Wannöffel, Manfred, Kuhlenkötter, Bernd. Co-Determination – An Interdisciplinary Concept To Train Phd Students From Different Disciplines. 9th Conference On Learning Factories. *Procedia Manufacturing*, V. 31, P. 129-135, 2019
- Cordeiro, Gabrielly Araujo; Ordoñez, Robert Eduardo Cooper; Ferro, Rodrigo; Nicolela, Pedro Barsante; Stella, Bruno Chiavegato. Etapas Para Implantação Da Indústria 4.0: Uma Visão Sob Aspectos Estratégicos E Operacionais. *Xxxvii Encontro Nacional De Engenharia De Produção*, 2017, 22p.
- Deep, Sadia; Salleh, Berhannudin Mohd; Othman, Hussain. Improving the soft skills of engineering undergraduates in Malaysia through problem-based approaches and e-learning applications. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning* Vol. 9 No. 4, 2019 pp. 662-676, 2019
- Denyer, D., Tranfield, D., 2009. Producing a systematic review. In: *SAGE handb. Organ. Res. Methods*. <https://doi.org/10.1080/03634528709378635>.
- Diepreye, Fapohunda Funmilayo; Odukoya, Jonathan Adedayo. The Impact of Passive and Active Teaching Methods on Students' Learning Among Secondary School Students in Yenagoa, Bayelsa State. *Journal of Physics: Conference Series*. V. 1378, N. 2, Article number 022099, 2019.
- Doddamani, Shridhar; Giryapur, Arunkumar. Project Based Learning in Laboratories Using Open Source Technologies: Case Study of a Frugal Approach. *Proceedings of the International Conference on Transformations 525 in Engineering Education: ICTIEE*, DOI 10.1007/978-81-322-1931-6_60, 2014
- D'souza, Manoj Joseph; Rodrigues, Paul. Extreme Pedagogy: An Agile Teaching-Learning Methodology for Engineering Education. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol 8(9), 828–833, 2015
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103–120. doi:10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x
- Elmaraghy, Hoda; Algeddawy, Tarek, Azab, Ahmed; Elmaraghy, Waguih. Change In Manufacturing - Research And Industrial Challenges. *Proceeding Of The Carv2011*. In: Elmaraghy H. (Eds) *Enabling Manufacturing Competitiveness And Economic Sustainability*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011
- Enke, Judith; Tisch, Michael; Metternich, Joachim. Learning Factory Requirements Analysis – Requirements Of Learning Factory Stakeholders On Learning Factories. 5th Cirp Global Web Conference Research And Innovation For Future Production Learning. *Procedia Cirp*, V. 55, P. 224-229, 2016.
- Erpenbeck, J; Rosenstiel, L. *Handbuch Kompetenzmessung*. ISBN/ISSN 978-3-7910-2477-6. 2007
- Fernández, Sofia Escudero. Flipped Classroom: practical application using Lessons in lab practice for an Engineering subject. *ArDIn. Arte, Diseño e Ingeniería* v.9, p.27-48, 2020
- Ferreira, Vinícius Gomes; Canedo, Edna Dias. Design sprint in classroom: exploring new active learning tools for project-based learning approach. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing* (2020) 11:1191–1212. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01285-3>, 2020
- Fras, M. Kosmatin; Grigillo, D. IMPLEMENTATION OF ACTIVE TEACHING METHODS AND EMERGING TOPICS IN PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING SUBJECTS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B6, 2016
- Garcia, Salvador Gonzalez; Arce, Jorge Rodríguez; Gómez, Geraldo Loreto; Serrano, Victor M. Montañó. Designing a teaching guide for the use of simulations in undergraduate

- robotics courses: a pilot study. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* (2019) 13:923–933. 2019
- Gómez-Trejedor, José A.; Vidaurre, Ana; Tort-Ausina, Isabel; Molina-Mateo, Jose; Serrano, María Antonia; Dueñas, Jose M. Meseguer; Sala, Rosa M. Martínez; Quiles Susana; Riera, Jaime. Effectiveness of flip teaching on engineering students' performance in the physics lab. *Computers & Education* 144:103708, 2020
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103708>
- Gonzalez-García, Salvador; Rodríguez-Arce, Jorge; Loreto-Gomez, Geraldo; Montañó-Serrano, Victor M. Teaching forward kinematics in a robotics course using simulations: transfer to a real-world context using LEGO mindstorms™. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* (2020) 14:773–787
<https://doi.org/10.1007/s12008-020-00670-z>. 2020
- Gualtieri, L; Rojas, R; Carabin, G; Palomba, I; Rauch, E; Vidoni, R; Matt, D. T. Advanced Automation For Smes In The I4.0 Revolution: Engineering Education And Employees Training In The Smart Mini Factory Laboratory. *Ieee International Conference On Industrial Engineering And Engineering Management (Ieem)*. P. 1111-1115, 2018
- Guerrero, Antonio José Moreno; Santos, Pedro Jurado de los; Felices, María Luisa Pertegal; Costa, Rebeca Soler. Bibliometric Study of Scientific Production on the Term Collaborative Learning in Web of Science. *Sustainability* 2020, 12, 5649; doi:10.3390/su12145649, 2020
- Halkude, S. A., Aher, S. B.; A Case Study on Improving Students' Conceptual Understanding in Engineering Courses. *Proceedings of the international Conference on Transformations in Engineering Education*. DOI: 10.1007/978-81-322-1931-6_58, 2014
- Hammer, M. (2014). Making Operational Transformations Successful With Experiential Learning. *Cirp. Cirp Collaborative Working Group On Learning Factories, Cirp General Assembly, Nantes, France*.
- Hava, Kevser. The effects of the flipped classroom on deep learning strategies and engagement at the undergraduate level. *Participatory Educational Research (PER)* Vol. 8(1), pp. 379-394, 2020
- Haxhiymeri, Valentina; Kristo, Florinda. Teaching through lectures and achieve active learning in higher education. *Mediterranean Journal of Social Sciences* v.5, n.19, 2014
- Hong-mei, Sun; Rui-Sheng, Jia. Research on case Teaching of Software Development Comprehensive Practice Based on Project Driven. *Procedia Engineering*, v.29, p.484-488, 2012
- Hulla, Maria; Hammer, Markus; Karre, Hugo, Ramsauer, Christian. A case study based digitalization training for learning factories. *9th Conference on Learning Factories 2019*. *Procedia Manufacturing*. v. 31, p. 169 – 174, 2019
- IMF (International Monetary Fund) (2013). *World Economic Outlook – Hopes, Realities, Risks, World Economic And Financial Survey*. International Monetary Fund. <https://www.imf.org/external/Pubs/Ft/Weo/2013/01/> (Acessado Em 30 De Maio De 2019)
- lorio, Luís Carlos. *Redes de Comunicação em Automação industrial – Ênfase na solução tecnológica da plataforma PIPEFA*. Dissertação de mestrado – UNICAMP, 2002
- Ishkov, Alexander; Leontiev, Mikhail. Interactive Teaching Methods in Small Groups of Bachelors and Construction Specialists. *International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities, SPbUCEMF-2015*
- Jian, Qiang. Effects of digital flipped classroom teaching method integrated cooperative learning model on learning motivation and outcome. *The Electronic Library* Vol. 37 No. 5, 2019 pp. 842-859. 2019

- Justo, Enrique de; Delgado, Antonio. Change to Competence-Based Education in Structural Engineering. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, D.O.I.: 10.1061/(ASCE)EI.1943- 5541.0000215,05014005. 2014
- Ke, HaiSen; Wei, Dong; Xie, Min; Zheng, EnHui; Zhou, Xiu Ying. Transformation of Education on the Course of Control Theory. : *Education Management, Education Theory & Education Application*, AISC 109, pp. 361–365. 2011
- Klaus, Schwab. *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Publishing Group, 2017. 192p.
- Klieme, Eckhard; Leutner, Detlev. Competence Models for Assessment of Individual Learning Outcomes and the Evaluation of Educational Processes. *Zeitschrift Fur Padagogik*, V. 52, P. 876-903
- Konopka C. L., Adaime M. B., Mosele P. H. Active Teaching and Learning Methodologies: Some Considerations. *Creative Education*. v.6, n.14, p.1536-1545, August 2015.
- Kou, Z., and Mehta, S., “Lessons Learned from Incorporating Problem-Based Learning and Lego System in Engineering Measurements Laboratory” *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*, Portland, Oregon, 2005.
- Kuppuswami, Ramesh; Mhakure, Duncan. Project-based Learning in an Engineering-design course – developing mechanical – engineering graduates for the world of work. *Procedia CIRP*, v.91, p. 565-570, 2020
- Lage, M. J.; Platt, G. J; Treglia, M. Inverting the classroom: A Gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education* 31(1), p. 30– 43, 2000
- Lasi Learning Factory. <https://www.denso.com/th/en/news/news-releases/2018/20180119-G01/> . (Acessado Em 01 De Junho De 2019)
- Li, Bincheng; Xu, Chao. Introducing Computer Simulation Technique into the Teaching of Theory of Machines and Mechanisms Course. *Education and Educational Technology*, AISC 108, pp. 583–589. 2011
- Li, Fan; Yang, Jianxin; Wang, Jianmei; Li, Shuangshou Zheng, Li; Integration Of Digitalization Trends In Learning Factories. 9th Conference On Learning Factories. *Procedia Manufacturing*, V. 31, P. 342-348, 2019.
- Li, Xiangran; Wang, Xianjie. Exploration of Independent College’s ‘234 Practical Teaching Content System’. *Engineering Education and Management*, LNEE 112, pp. 403–411. 2011
- Li, Zhiyuan; Quan, Jingjing. Application of Case Teaching in Management Class. *Proceedings of the International Conference on Cybernetics and Informatics*, Lecture Notes in Electrical Engineering 163, DOI 10.1007/978-1-4614-3872-4_227, 2012
- Liang, Zhongwei; Deng, Hongguang; Tao, Jianhua. Teaching Examples and Pedagogy of Mechanical Manufacture based on the CDIO-Based Teaching Method. *Procedia Engineering* 15 (2011) 4084 – 4088, 2011
- Liang, Zhang; Shuzhen, Li; Yu, Rong; Lidong, Chen; Liling, Zhang; Panfeng, Cheng; Shuying, Ma. The Student-Oriented Teaching Reform of Engineering Testing Technology. : *International Conference on WTCS*, AISC 117, pp. 191–195, 2012
- Liu, Kan; Cheng, Xude; Dong, Yang; Yang, Bowen; Dong, Chaonan. Research Teaching Methods Used in Equipment Maintenance Programs. *Engineering education and management*. v.2, p.379-384, 2011
- López, Carmen Medina; Luque, Rafaela Alfalla; Márquez, Francisco Arenas. Active learning in Operations Management: interactive multimedia software for teaching JIT/Lean Production. *Journal of Industrial Engineering Management*, v.4, p. 31- 80, <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.2011.v4n1.p31-80> , 2011
- Maher, Mary Lou; Latulipe, Celine; Lipford, Heather; Rorrer, Audrey. Flipped Classroom Strategies for CS Education. *SIGCSE’15*, March 4–7, 2015

- Maheshwari, Prateek. Effectiveness of flipped classrooms A case of management education in central India. *International Journal of Educational Management* Vol. 33 No. 5, 2019 pp. 860-88, 2018
- Maheso, Nkateko; Mpofo, Khumbulani; Ramatsetse, Boitumelo. A Learning Factory concept for skills enhancement in rail car manufacturing industries. *9th Conference on Learning Factories*, v. 31, p. 187-193, 2019
- Marsick, V. J.; Watkins, K. E.; *Informal and Incidental Learning, New Directions for Adult and Continuing Education*, 2001
- Martin, Adela Diana; Conlon, Edward; Bowe Brian; A Construtivist Approach to the use of Case Studies in Teaching Engineering Ethics. *Teaching and Learning in a Digital World, Advances in Intelligent Systems and Computing*. p. 715. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73210-7_23, 2018
- Mayollo-Deloisa, Karla; Ramos-de-la-Peña, Ana Mayela, Aguilar, Oscar. Research-based learning as a strategy for the integration of theory and practice and the development of disciplinary competencies in engineering. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)* (2019) 13:1331–1340 <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00585-4>. 2019
- Mazzeu, Francisco José Carvalho. Uma proposta metodológica para a formação continuada de professores na perspectiva histórico-social. *Cad. CEDES* v. 19 n. 44 Campinas 1998.
- Mavrikios, Dimitris; Alexopoulos, Kosmas; Georgoulas, Konstantinos; Makris, Sotiris; Michalos, George; Chryssolouris, George. Using Holograms For Visualizing And Interacting With Educational Content In A Teaching Factory. *9th Conference On Learning Factories. Procedia Manufacturing*, V. 31, P. 404-410, 2019.
- Menéndez, Marcela Hernández de; Guevara, Antonio Vallejo; Martínez, Juan Carlos Tudón; Alcántara, Diana Hernández; Menendez, Ruben Morales. Active learning in engineering education. A review of fundamentals, best practices and experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing* v.13, p. 909-922, 2019
- Muñoz-García, Miguel A.; Moreda, Guilherme P.; Hernández-Sanchez, Natalia; Valiño, Vanesa. Student Reciprocal Peer Teaching as a Method for Active Learning: An Experience in an Electrotechnical Laboratory. *J Sci Educ Technol* DOI 10.1007/s10956-012-9426-4. 2012
- Newstetter W. C, *Fostering Integrative Problem Solving in Biomedical Engineering: The PBL Approach. Annals of Biomedical Engineering* 34(2):217-25 · March 2006
- Onofrei, George; Ferry, Paul. Reusable learning objects: a blended learning tool in teaching computer-aided design to engineering undergraduates. *International Journal of Educational Management* Vol. 34 No. 10, 2020 pp. 1559-1575. 2020
- Pereira, Francisco Edeneziano Dantas. *Modelagem Empresarial: Abordagens de integração de empresas – Aplicação da metodologia CimOsa/rg à paltaforma PIPEFA. Dissertação de mestrado – UNICAMP*, 2001
- Prince, M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*. v.93, n.3, p.223-231, July 2004. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x
- Qiang, Wu-Zhi; Yun, Wang. Create a Practical Teaching Environment for Applied Talents–Take the Case of Computer Specialty. *Advanced Technology in Teaching, AISC* 163, pp. 343–348, 2012
- Quianqian, Xu. On the “work-study combination” mode, the Television Animation Teaching reform based on Project-oriented. *Advance in control engineering and Information Science*. V.15, p.4079-4083, 2011

- Razali, Rozilawati; Zainal, Dzulaiha Aryanee Putri. Success Factors for Using Case Method in Teaching and Learning Software Engineering. *International Education Studies*; Vol. 6, No. 6; 2013
- Ruhl, K., C. Hughes, and P. Schloss, "Using the Pause Procedure to Enhance Lecture Recall," *Teacher Education and Special Education*, v.10, Winter 1987, pp. 14–18.
- Rychen, D.S.; Salganik, L.H. A holistic model of competence. In *Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society*; Rychen, D.S., Salganik, L.H., Eds.; Hogrefe & Huber Publishing: Cambridge, MA, USA, 2003; pp. 41–62.
- Salihu, Yahaya Ibn; Nordin, Mohd Safarin. Effects of Problem and Project-Based Learning Methods on Students Performance in Building Technology. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249 – 8958, Volume-8 Issue-6S3, September 2019*
- Santos, Luciano Costa; Gohr, Cláudia Fabiana; Vieira Junior, Milton. Simulation of assembly operations using interchangeable parts for OM education A hands-on activity with water pipe fittings. *International Journal of Operations & Production Management Vol. 32 No. 12, 2012 pp. 1427-1440. 2012*
- Schumacher, Andreas; Erol, Selim; Sihn, Wilfried. A Maturity Model For Assessing Industry 4.0 Readiness And Maturity Of Manufacturing Enterprises. *Procedia Cirp, V. 52, P. 161-166, 2016.*
- Sgambi, Luca; Kubiak, Lylia, Basso, Noemi; Garavaglia, Elsa. Active learning for the promotion of students' creativity and critical thinking. *International Journal of Architectural Research*, n. 2, v. 13, 2019
- Sihn, W; Jäger A. 2nd Conference On Learning Factories - Competitive Production In Europe Through Education And Training. 2012
- Silveira Junior, Almiro Franco da. Ensino e Formação em Automação Industrial utilizando Integração de Elementos de Manufatura a partir do GRAFCET. *Dissertação de Mestrado - UNICAMP , 2016*
- Smith B. L., MacGregor J. T., What is Collaborative Learning? National Center on Postsecondary Teaching, Learning, and Assessment at Pennsylvania State University. 1992
- Stejskalová I., Komárková L., Bednářová M., Štrach P. (2019) 'Student Adoption of a Non-Traditional Teaching Method in Accounting: How Previous Experience Impedes Willingness to Change', *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, vol. 12, no. 1, pp. 01-11. <http://dx.doi.org/10.7160/eriesj.2019.120101>. 2019
- Stojkic, Željko; Bosnjak, Igor. Development Of Learning Factory At Fsre, University Of Mostar. 9th Conference On Learning Factories. *Procedia Manufacturing, V. 31, P. 180-186, 2019.*
- Sujing, Xue. The Study of Teaching Reform for Computer Basic Courses Based on Constructivism. *Future Wireless Networks and Information Systems, LNEE 144, pp. 491–497. 2012*
- Sultana, Munawer; Zaki, Sajida. Proposing Project Based Learning as an alternative to traditional ELT pedagogy at public colleges in Pakistan. *International Journal for Lesson and Learning Studies Vol. 4 No. 2, 2015 pp. 155-173, 2015*
- Sun, Hai-ling. Application of PBL Teaching Mode in College Practical Teaching under New Educational Values. *Engineering Education and Management, LNEE 111, pp. 517–522, 11*
- Sun, Lianying; Liu, Chang; Zhang, Baosen; Peng, Tao; Chen, Yuting. Research on Practice Teaching of Software Engineering. *Frontier and Future Development of Information Technology in Medicine and Education, Lecture Notes in Electrical Engineering 269, DOI: 10.1007/978-94-007-7618-0_181. 2014*

- Teodoro, Nilce Mara. Metodologia de Ensino: uma contribuição pedagógica para o processo de aprendizagem da diferenciação. 2010.
- Tisch, Michael; Metternich, Joachim. Potentials And Limits Of Learning Factories In Research, Innovation Transfer, Education, And Training. 7th Cirp-Sponsored Conference On Learning Factories. *Procedia Manufacturing*, V. 9, P. 89–96, 2017
- Tisch, M.; Hertle C.; Cachay J; Abele E.; Metternich, J.; Tenberg, R; A systematic approach on developing action-oriented, competencybased Learning Factories. *Procedia CIRP* 7 p. 580 – 585, 2013
- Tortorella, Guilherme; Cauchick-Miguel. Teaching lean manufacturing at a postgraduate level Integrating traditional teaching methods and problem-based learning approach. *International Journal of Lean Six Sigma* Vol. 9 No. 3, 2018 pp. 301-323. 2017
- Tortorella, Guilherme; Cauchick-Miguel, Paulo Augusto. An initiative for integrating problem-based learning into a lean manufacturing course of an industrial engineering graduate program. *Production*, 27(spe), e20162247. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.224716>, 2017
- Tortorella, Guilherme; Cauchick-Miguel, Paulo Augusto. Combining traditional teaching methods and PBL for teaching and learning of lean manufacturing. IFAC (International Federation of Automatic Control), DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.465. 2018
- Tupa, Jiri; Simota, Jan; Steiner, Frantisek. Aspects Of Risk Management Implementation For Industry 4.0. 27th International Conference On Flexible Automation And Intelligent Manufacturing, Modena, Italia. *Procedia Manufacturing*, V.11, P. 1223-1230, Junho 2017.
- Umeda, Yasushi; Ota, Jun; Kojima, Fuimio; Saito, Masahiro; Matsuzawa, Hiroki; Sukekawa, Takuji; Takeuchi, Akihide; Makida, Kazuya; Shirafuji, Shouhei. Development Of An Education Program For Digital Manufacturing System Engineers Based On 'Digital Triplet' Concept. 9th Conference On Learning Factories. *Procedia Manufacturing*, V. 31, P. 363-369, 2019.
- Venkatapathy, Aswin Karthik Ramachandran. A Study on Methodology and Implementation of Flipped Classroom Teaching for Engineering Courses. *Proceedings of the International Conference on Transformations 535 in Engineering Education: ICTIEE*, DOI 10.1007/978-81-322-1931-6_61, 2014
- Wagner, U.; Algeddawy, T.; Elmaraghy H; Müller, E. The State-Of-Art and Prospects Of Learning Factories. 45th Cirp Conference On Manufacturing Systems. *Procedia Cirp*, V. 3, N. 1, P. 109-114, 2012
- Wang, Chao-Xue; Dong, Li-li; Li, Chang-Hua; Zhang, Wei-qi; He, Jiang. The Reform of Programming Teaching Based on Constructivism. *Advances in Electric and Electronics, LNEE* 155, pp. 425–431. 2012
- Wang, Jianhui; Zhao, Zijie; Zhang, Xiaoyu; Lu, Hai; Yu, Xiaolin. Application and Practice of Multimedia in Water Project Construction Teaching. *ECICE, AISC* 146, pp. 15–19, 2012
- Wang, Xiaojing. On How to Efficiently Carry Out Multi-media Teaching. *Education Management, Education Theory & Education Application, AISC* 109, pp. 319–323, 2011
- Weiwei, Zhang; Weian, Shang. Study on Task-Oriented Pilot Teaching Method. *Engineering Education and Management, LNEE* 112, pp. 385–389. 2011
- Wilhelm, Sandra; Forster, Ruth; Zimmermann, Anne B. Implementing Competence Orientation: Towards Constructively Aligned Education for Sustainable Development in University-Level Teaching-And-Learning. *Sustainability Journal*, V. 11, I. 7, P. 1891, 2019
- Woschank, M.; Pacher, Corina. Teaching and Learning Methods in the contexto of Industrial Logistics Engineering education. *Procedia Manufacturing* v.51, p.1709-1716, 2020

- Xia, Songzhu; Cao, Xiaoyong; Yin, Guisheng; Liu, Haibo; Sun, Jianguo. Application of PBL Model in the Teaching of Foreign Graduate Student. *Frontier and Future Development of Information, Lecture Notes in Electrical Engineering* 269, DOI: 10.1007/978-94-007-7618-0_210, 2014
- Xiaoping Wang, Peijun Cai, Yuling Liu, Liqiang Wang, Yiyong Liang, "Studentcentered and ability training-oriented curriculum reform in teaching Microcontroller Principles and Interface Techniques," *Proc. SPIE 10452, 14th Conference on Education and Training in Optics and Photonics: ETOP 2017, 104520W* (16 August 2017); doi: 10.1117/12.2267205. 2017
- Xu, Ruzhi; Li, Heli; Lin, Peiguang. Studies on Graduate Innovation Training Mode and Interactive Education Platform Based on Internet Environment. *Education Management, Education Theory & Education Application, AISC 109*, pp. 215–224, 2011
- Yadav, Aman; Subedi, Dipendra; Lundeborg, Mary A.; Bunting, Charles F. Problem-based Learning: Influence on Students' Learning in an Electrical Engineering Course. *Journal of Engineering Education* April 2011, Vol. 100, No. 2, pp. 253–280, 2011
- Yan, Jingfeng; Li, Guoqing. Explorations of and Reflections on the Educational Model of Software Schools. *Software Engineering and Knowledge Engineering: Vol. 2, AISC 115*, pp. 909–913. 2012
- Yang, Haizhu; Liu, Jie. The Reform and Practice of Automation Excellent Engineers Training Program. *Education Management, Education Theory & Education Application, AISC 109*, pp. 889–896. 2011
- Yang, Xiaoming. The Practical Teaching System of Computer Basic Course. : *BDCPS 2020, AISC 1303*, pp. 914–919, 2020.
- Yuan, Yunlong; Zhao, Weimin; Hu, Jie. The Teaching Reform and Practice of the Improvement of the Application Ability of Mechanical and Electrical Transmission Control. : *Knowledge Discovery and Data Mining, AISC 135*, pp. 489–496. 2012
- Yuxiang, Song. The Application of Subjective Teaching Method in Computer Programming Courses Teaching. *Engineering Education and Management, LNEE 112*, pp. 665–669, 2011
- Zadok, Yair. Project-based learning in robotics meets junior high school. *Journal of Engineering, Design and Technology* Vol. 18 No. 5, 2020 pp. 941-958, 2020
- Zhang, Chao; Liu, Lei. Efficient Training Mode of Thermal Energy Power Engineering Based on Practice Evaluation. *Proceedings of the 2012 International Conference on Cybernetics and Informatics, Lecture Notes in Electrical Engineering v.163*, p. 1607-1613, DOI 10.1007/978-1-4614-3872-4_206, 2014
- Zhang, Zhe; Hansen, Claus Thorp; Andersen, Michael A. E. Teaching Power Electronics with a Design-Oriented and Project-Based Learning Method at the Technical University of Denmark. *I E E E Transactions on Education*, 59(1), 32-38. <https://doi.org/10.1109/TE.2015.2426674>, 2016
- Zhu, Wenlong; Xie, Wenjing. Evaluating Instructional Effects of Flipped Classroom in University: A Case Study on Electronic Business Course; *International Journal of Distance Education Technologies* v.16, p.45-53, 2018