

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EVERTON BAZARIM VERÍSSIMO

**PROJETO PRELIMINAR DE UM *SMARTLAB* PARA ENSINO SOBRE INDÚSTRIA
4.0**

PATO BRANCO

2022

EVERTON BAZARIM VERÍSSIMO

**PROJETO PRELIMINAR DE UM SMARTLAB PARA ENSINO SOBRE INDÚSTRIA
4.0**

Preliminary design of a smartlab for teaching about industry 4.0

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador: Gilson Adamczuk Oliveira.

PATO BRANCO

2022



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

EVERTON BAZARIM VERÍSSIMO

PROJETO PRELIMINAR DE UM SMARTLAB PARA ENSINO SOBRE INDÚSTRIA

4.0

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 02/dezembro/2022

José Donizetti de Lima
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco

Marcelo Gonçalves Trentin
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco

Gilson Adamczuk Oliveira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco

PATO BRANCO

2022

Dedico este trabalho à minha família, amigos e principalmente à minha mãe a qual sempre acreditou em meu potencial e me apoiou em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades e possibilidades nas quais ele nos proporciona em vida.

Agradeço toda minha família pelo suporte, o qual foi imprescindível para que eu chegasse até este momento. Aos amigos os quais estiveram presentes durante diversos momentos na trajetória da minha graduação.

À UTFPR, por proporcionar um ambiente para termos um ensino com qualidade, assim como agradeço ao Professor Dr. Gilson Adamczuk Oliveira por todos os incentivos à educação e à pesquisa, assim como sua proatividade em auxiliar os graduandos quando necessário.

Eu denomino meu campo de Gestão do Conhecimento, mas você não pode gerenciar conhecimento. Ninguém pode. O que você pode fazer, o que a empresa pode fazer é gerenciar o ambiente que otimize o conhecimento.
(DAVENPORT; PRUSAK, 2012).

RESUMO

A ideia original para este estudo é entender os impactos, estipular critérios de produto e executar uma análise de comparação para um projeto modelo de uma bancada didática para graduandos de cursos como Engenharias, Tecnólogos com foco na indústria e/ou cursos que tenham que serão impactados pela revolução industrial nomeada indústria 4.0. Esta revolução industrial está avançando a medidas exponenciais, por isso, se torna uma necessidade pensar sobre a criação de métodos de preparar futuros profissionais mais instruídos e atualizados com as tecnologias encontradas no dia a dia dos setores. O presente trabalho se inicia com uma revisão sistemática da literatura, para que assim seja analisado como o tema da Indústria 4.0 (i4.0) tem sido apresentado, abordado e desenvolvido nos cursos de engenharia ao redor do mundo, assim como, entender quais pontos outras universidades ao redor do globo têm dedicado esforços. Os principais resultados desta revisão mostram que a implementação de ensinamentos de forma prática tem cooperado no desenvolvimento da educação da Indústria 4.0, e universidade tem estimulado comunicações multidisciplinares por meio das conexões entre *FabLabs*, *SmartLabs*, assim como a incitação da relação entre empresas e universidades. Em seguida, foi desenvolvido um estudo sobre um conceito de produto para que auxilie no ensino sobre o tema correlatado, tendo como premissas do projeto alguns pontos indagados por experts da área, sendo eles professores e/ou atuantes de empresas que já tem em seu escopo a implementação de conceitos da i4.0. Uma proposta de bancada denominada como *smartlab* foi elaborada com o intuito de auxiliar a educação. Seus conceitos foram determinados utilizando metodologias de decisão multicritérios (Método Fuzzy *AHP*), levando em consideração diversos pontos que demonstraram serem critérios de sucesso para o produto e desenvolvimento de futuros profissionais para atuar em áreas da indústria 4.0. Assim como também foi estipulado premissas de componentes e estudo de aplicação de recursos, com intenção que possa ser desenvolvido um *SmartLab* de forma mais assertivas e sem retrabalhos e/ou perda de recursos, em cooperação com faculdades e pequenas e médias empresas.

Palavras-chave: Indústria 4.0. FabLab. *Smartlab*. Bancada didática.

ABSTRACT

This study original idea is to understand the impacts, stipulate product criteria and conduct a comparing analysis for a didactic bench model project for Engineering, Technologists undergraduate students focused on industry and courses that will be impacted by the industrial revolution named Industry 4.0. This industrial revolution is advancing at exponential rates; therefore, it becomes necessary to develop methods to prepare future professionals who are more prepared and updated about technologies found in the sectors day to day. The present research begins with a systematic literature review, to analyze how the Industry 4.0 (i4.0) topic has been presented, addressed, and developed in engineering courses around the world, as well as to understand which points other universities around the globe have dedicated efforts to it. The main results of this review show that the teachings in a practical way application have cooperated in the development of Industry 4.0 education, and the universities have stimulated multidisciplinary communications through the connections between FabLabs, SmartLabs, as well as the urging for relations development between companies and universities. Next, a study was developed about a concept product to help teach about the correlated theme, having as project premises some points inquired by experts in the area, like professors and companies workers who already have in their scope the implementation of i4.0 concepts. A bench proposal called smart lab was developed to assist in education situations. Its concepts were determined using multicriteria decision methodologies (Fuzzy AHP Method) that consider several points that have proven to be successful criteria for the product and future professionals' development to work in areas of Industry 4.0. It was also stipulated components and resources study application premises aiming that a SmartLab can be developed more assertively and without rework or resource beating due to colleges and small and medium enterprises' cooperation.

Keywords: Industry 4.0. FabLab. Smartlab. Didactic workbench

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo de elementos da indústria 4.0.....	18
Figura 2 - FabLab da Universidade de <i>Stanford</i>	19
Figura 3 - Bancada didática adaptável.	20
Figura 4 - Planta didática de Indústria 4.0 (XC801) da empresa Exsto.....	22
Figura 5 - AG-SIM para sistema integrado de Manufatura do grupo ALGETEC.....	22
Figura 6 - Etapas da <i>Methodi Ordinatio</i>	24
Figura 7 - Exemplo de sinalizações de riscos para equipamentos.....	26
Figura 8 - Modelo organização artigo e retratação do artigo.	29
Figura 9 - Modelo de distribuição segundo a metodologia AHP.....	31
Figura 10 - Exemplo de Matriz AHP.	32
Figura 11 - Exemplo de normalização ativa.	34
Figura 12 - Fases da metodologia.....	38
Figura 13 - Imagem da Patente da Bancada didática com módulos magnéticos.	40
Figura 14 - <i>Benchmarking</i> dos requisitos do produto.	42
Figura 15 - Utilização do método AHP.....	44
Figura 16 - AHP: Geral.	45
Figura 17 - AHP: Ensino.....	46
Figura 18 - AHP: Qualidade.	47
Figura 19 - AHP: Características de uso.	48
Figura 20 - AHP: Dimensões da bancada.....	49
Figura 21 - AHP: Requisitos Operacionais.....	50
Figura 22 -Análise e classificação dos requisitos do produto.....	52
Figura 23 - Hierarquização dos requisitos do produto	54
Figura 24 - Modelagem Global.	55
Figura 25 - Desdobramento da modelagem global.	55
Figura 26 - Tabela de Princípios de Solução.	59
Figura 27 - Matriz Morfológica.....	60
Figura 28 - Diagrama de integração de sistemas.	64
Figura 29 - Matriz de decisão	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Modelo de distribuição segundo a metodologia AHP.....	32
Quadro 2 - Estrutura da metodologia	38
Quadro 3 - Artigos seleccionados e ordenados de acordo com o valor de InOrdinatio	39
Quadro 4 - Exemplo de estrutura AHP- <i>Analytic Hierarchy Process</i>	43
Quadro 5 - Especificações-meta.....	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo Principal.....	14
1.1.2	Objetivos Específicos	14
1.2	Justificativa	15
1.3	Estrutura do Trabalho	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Pilares da Indústria 4.0	18
2.2	Fablab	19
2.3	Bancadas Didáticas para Ensino sobre Indústria 4.0	20
2.4	Revisão Sistemática de Literatura	23
2.4.1	<i>Methodi ordinatio</i>	23
2.5	Decisão Multicritério: Método Fuzzy Ahp	24
2.6	Padrões de Segurança, Aspectos Legais e Patentes	25
2.6.1	Padrões de Segurança	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	Revisão Sistemática de Literatura: <i>Methodi Ordinatio</i>	28
3.2	Projeto do Produto <i>Smartlab</i>	30
3.2.1	Pesquisa de Patentes.....	30
3.2.2	Requisitos/Necessidades do Cliente	30
3.2.3	Análise de Requisitos do Cliente	31
3.2.4	Análise de Requisitos e Desenvolvimento Conceitual do Produto	35
<u>3.2.4.1</u>	<u>Desenvolvimento de Princípios de Soluções para o Produto e Funções</u>	<u>36</u>
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
4.1	Revisão Sistemática	38

4.2	Projeto de Desenvolvimento da Bancada Didática	40
4.2.1	Modelagem Funcional	54
4.2.2	Princípios de Solução e Matriz Morfológica.....	56
4.2.3	Definição de Arquitetura e Identificação de SSC.....	61
4.2.4	Integração de Sistemas e Parâmetros da Bancada	64
4.2.5	Fabricação e Concepção do Produto	65
5	CONCLUSÕES	67
	REFERÊNCIAS.....	68
	ANEXO A - Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.....	70

1 INTRODUÇÃO

O termo indústria 4.0 apareceu pela primeira vez em 2011, quando um grupo de cientistas e líderes da indústria propuseram ao governo alemão um plano para melhorar sua estratégia tecnológica (HERNANDEZ-DE-MENENDEZ; ESCOBAR DÍAZ; MORALES-MENENDEZ, 2020).

Nesse plano, foram feitas propostas de novas estruturas de manufatura equipadas com equipamentos “inteligentes” interligados por redes nas quais os itens produzidos e o fluxo de produção possuem competências de comunicação, o que constituiriam as futuras *Smart Factories*. As quais são o caminho para chegar à flexibilidade necessária para atender às necessidades dos mercados atuais e futuros (SANTOS et al., 2018).

A Indústria 4.0 influenciará significativamente os ambientes de trabalho. Por exemplo, alterará os processos de aquisições, fabricação, produção, vendas ou manutenção, possuindo conceitos como fabricação e manutenção inteligente; além de alto nível de automatização e integração de todos os processos de negócios (CHONG et al., 2018).

Tendo em vista todas essas ferramentas e avanços tecnológicos, a revolução denominada “indústria 4.0” torna-se um desafio não só para a indústria, mas também para a formação de profissionais. De fato, para enfrentar apropriadamente os desafios dos requisitos de educação e habilidades futuras, é necessário rever os paradigmas educativos, principalmente em engenharia e em áreas de tecnologia relacionadas; com objetivos em formas modernas de treinamento, aprendizado industrial e técnicas de compartilhamento de conhecimento e trabalho em equipe. Fábricas de aprendizado (*FABLAB*) são agora consideradas uma alternativa possível para a instrução de colaboradores e docentes (SALAH et al., 2020). O requisito para espaços como um *FabLab* é a democratização do acesso à produção digital, o direcionamento e a preparação dos usuários (HERNANDEZ-DE-MENENDEZ et al., 2020).

O profissional atuante na indústria 4.0 deve aprender continuamente com novos ambientes e outros profissionais com diferentes formações e experiências, desenvolvendo-se e aprimorando constantemente. No momento de sua mudança de um local de graduação para um local de trabalho, o profissional deverá ter algumas competências para que assim não se torne obsoleto rapidamente.

As competências definidas necessárias para se adaptar à indústria 4.0 relatado pelos diferentes projetos de pesquisa, inclusive no setor industrial, diferem ligeiramente entre si. No entanto, competências as quais eles têm em comum são principalmente aquelas relacionadas à capacidade de usar e interagir com ferramentas tecnológicas da indústria 4.0 (por exemplo, robôs e Inteligência Artificial), executar análises de dados, aplicar conhecimentos técnicos, usar as habilidades pessoais para obter vantagens, entre outras. A lista de competências e habilidades pode ser exaustiva, sendo impossível a qualquer futuro profissional adquiri-las todas (HERNANDEZ-DE-MENENDEZ et al., 2020).

Segundo (AIRES; MOREIRA; FREIRE, 2017), as competências mais requeridas são: criatividade, inovação, comunicação, solução de problemas e conhecimentos técnicos.

Logo, sabendo as premissas para que uma fábrica possa se desenvolver, e possível evoluir junto com a revolução da indústria 4.0. Neste trabalho, analisa-se como as universidades desenvolvem formas de progredir os ensinamentos práticos e teóricos para a Indústria 4.0 por meio de revisão sistemática de literatura; explora-se e analisa-se trabalhos relacionados a *Smartlab*, *Fablab* e *Engineering*, considerando potenciais alterações de palavras, dependendo do país e da região. Busca-se, também, o mapeamento dos eixos temáticos mais explorados e a investigação dos tipos de técnicas comumente utilizadas para agregar conhecimento aos futuros engenheiros.

Com as informações da pesquisa de fundamentação teórica, é desenvolvido um estudo de aplicabilidade de um produto similar a uma bancada didática, nomeada *smartlab*, cujo objetivo é ajudar na educação prática e teórica de temas da indústria 4.0 para acadêmicos de graduação dos cursos de engenharia e para a formação de profissionais do setor em geral, com atenção especial às pequenas e médias empresas (PMEs).

A ideia preliminar do *smartlab* é uma mesa modular magnética de aprendizagem inteligente, a qual facilita o ensino de conteúdo das áreas de microprocessadores, automação e tecnologia de comunicação de forma simples e acessível.

Existem empresas desenvolvendo produtos nesse seguimento, uma delas é a Exsto, a qual possui um produto chamado “Planta didática de Industria 4.0” que

simula, em escala didática, a planta de uma fábrica e seus processos de fabricação relacionados a indústria 4.0.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho é entender os conceitos de adaptabilidade das formas educacionais existentes para uma nova forma aprimorada que terá parâmetros de indústria 4.0 como premissas, possibilitando um maior progresso da educação em engenharia em um sentido mais prático e também correlacionado à realidade atual e futura das empresas e instituições que empregam a engenharia em seu exercício diário, possibilitando, por consequência, também um aprimoramento funcional destas. Para isso, é estudado o projeto de produto em forma de bancada didática denominada *smartlab*, entendendo quais pré-requisitos e critérios têm maior prioridade durante o desenvolvimento desta sob uma perspectiva de opiniões e experiências de *experts* e profissionais que já tiveram contato com a realidade da indústria 4.0.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo principal, os seguintes objetivos específicos devem ser seguidos:

- Pesquisar abordagens de ensino e metodologias de ensino sobre áreas correlacionadas a indústria 4.0;
- Entender as premissas e necessidades da indústria 4.0;
- Traduzir essas premissas e necessidades com o objetivo de realizar um levantamento de requisitos, especificações e custos para a construção de uma bancada que atenda aos requisitos obtidos através da pesquisa e que possam ser inseridos em um contexto industrial em empresas da região;
- Pesquisar bancadas didáticas presentes no mercado para auxiliar na compreensão do funcionamento geral de um *smartlab* e para efeito de comparação;

- Entender as premissas e necessidades de um produto para ensino sobre indústria 4.0;
- Hierarquizar as necessidades do produto e cliente;
- Desenvolver uma análise conceitual de um produto em forma de bancada didática.

1.2 Justificativa

Diante do exposto introdutório do trabalho, pode-se observar que a quarta revolução industrial é uma realidade. Sendo assim, será inevitável que existirá uma necessidade de que os graduandos em engenharias e áreas correlacionadas estejam preparados para os desafios tecnológicos que enfrentarão em seus futuros dia a dia de trabalho.

Diversos países e universidades ao redor do globo estão desenvolvendo tecnologias e formas de evoluir tecnologicamente com maior velocidade quando comparada à atual. Algumas faculdades estão iniciando a incorporação à Indústria 4.0 em seu sistema de ensino e pesquisa, por exemplo, com a constituição de uma *Learning Factory* completamente automatizada na *Darmstadt University of Applied Sciences*, e também o *Smart Production Laboratory* para ensino e pesquisa na *Aalborg University Denmark*. Onde as disciplinas relacionadas ao ensino de disciplinas da Indústria 4.0 são encaradas como uma oportunidade de dar um enorme contributo para aumentar a atividade de aprendizagem dos alunos (CHONG et al., 2018).

A fábrica de aprendizado *advanced Industrial Engineering (aIE)* no *Institute of Industrial Manufacturing and Management (IFF)* na *University of Stuttgart*, na República Federal Da Alemanha, concentra-se na relação entre o planejamento da produção digital e a utilização de exemplos físicos na oficina, como impressão 3d e usinagem por comandos computacionais por meio de uma plataforma escalável de produção. Esta plataforma contém ações *plug and play* padronizadas e inclui módulos móveis para montagem, revestimento, controle, transporte e armazenagem que também podem ser reconfigurados em diferentes *set-ups* (ABELE et al., 2017).

O *Massachusetts Institute of Technology* desenvolve graduandos com as habilidades necessários para enfrentar os desafios da Indústria 4.0. Um exemplo de projeto é o *Makerlodge* no qual os estudantes podem estudar sobre as ciências

aplicadas da Indústria 4.0, como construções de circuitos elétricos e impressoras 3D. A universidade tem mais de dez *Makerspaces* nos quais os alunos podem melhorar suas aptidões. O objetivo final desse projeto é desenvolver profissionais inovadores que irão resolver problemas sociais significantes (HERNANDEZ-DE-MENENDEZ et al., 2020).

Sendo esse avanço tecnológico necessário e inevitável, é vista a necessidade de progredir e, se preciso, alterar algumas metodologias de ensino, focando em que os atuais e futuros graduandos, que se tornarão futuros profissionais, não cheguem à indústria próximo de serem obsoletos de conhecimento de forma prematura. O que era uma das preocupações sentidas no decorrer da graduação; e o que motivou a realização deste trabalho. Por isto, buscou-se realizar um estudo para o desenvolvimento de um *smartlab* que auxiliaria o ensino e prepararia os futuros e atuais graduandos para o mercado de trabalho que irão se deparar ao longo de suas vidas profissionais.

Inicialmente, o produto não tem a intenção de ser disponibilizado no mercado, justamente por ser um projeto desenvolvido para a universidade, e ter indisponibilidade produtiva de produção em escala. Como não há a intenção de venda, a metodologia de curva de vendas não tem utilidade neste caso. Dessa forma, o momento de retirada do mercado se dá pela mesma motivação citada para seu fim de vida, dano irreparável ou impossibilidade de se adequar às novas tendências tecnológicas; é possível que futuramente a produção de bancadas *smartlab* torne-se uma fonte de receita para a própria universidade, o que poderia auxiliá-la no financiamento de projetos de pesquisa e desenvolvimento futuros.

1.3 Estrutura do Trabalho

O primeiro capítulo é composto por introdução, definição do problema objetivos e justificativa do trabalho.

No segundo capítulo, é realizada a revisão bibliográfica na qual é enfatizada; 1) os pilares da indústria 4.0; 2) descrição do *Fablab*; 3) exemplos de bancadas didáticas encontradas no mercado com foco em indústria 4.0; 4) descrição da revisão sistemática de literatura para embasamento teórico para o desenvolvimento do trabalho e explicação sobre o método de pesquisa *Methodi*

Ordinatio e o método de decisão multicritério *Fuzzy* e; 5) padrões de segurança de equipamentos.

No capítulo três, é apresentada a metodologia para a realização do trabalho, explicando os métodos da pesquisa teórica e discriminando a execução do planejamento e conceito do projeto do *smartlab*.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos a partir das pesquisas realizadas e as análises de requisito de produto e do desenvolvimento teórico do produto *smartlab*.

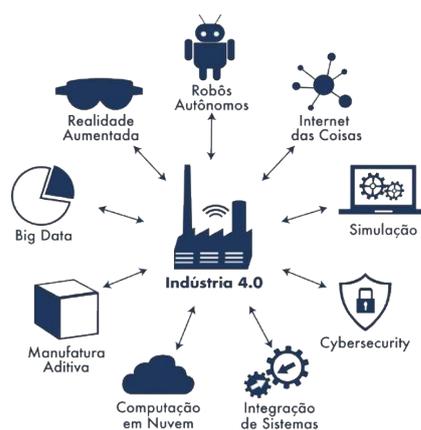
É apresentado, no quinto capítulo, as considerações finais do vigente trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pilares da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é baseada na concepção de um meio de produção inteligente (Figura 1) ligando unidades de produção inteligentes, como produtos inteligentes, máquinas móveis e estacionárias, ferramentas, robôs, estruturas de armazenagem e provisão, formas de cibersegurança avançada, *cloud computing*, operações de carga e descarga e outras instalações de produção acontecendo de forma digital por meio de simulações e física. Isso, conseqüentemente, aproveitando o poder das mais recentes Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), Sistemas Ciber-Físicos (CPS) e Internet das Coisas (IoT). Em muitas manufaturas, sistemas de coleta de informações em tempo real ferramentas como *Radio Frequency Identification (RFID)* e sensores e câmeras digitais são usados para gerenciar o processo de atividades de produção e responder a qualquer evento ou condição com algoritmos complexos que conduzem as interações entre objetos inteligentes. A Indústria 4.0 é a transmutação digital dos sistemas de produção (como a digitalização) em organizações de manufatura inteligentes (SALAH et al., 2020).

Figura 1 - Modelo de elementos da indústria 4.0



Fonte: John Silva (2022)

Com todos esses avanços tecnológicos citados, essas novas Fábricas Inteligentes do futuro irão revolucionar a forma que se trabalha atualmente em quase

todos os aspectos, desde a manufatura, logística, processamento de dados, até vendas, custos e na velocidade do avanço tecnológico.

2.2 FabLab

De maneira geral, o FabLab (Figura 2) é uma área fabril que utiliza a concepção de *Fast* prototipagem (no qual serve para agilizar o processo de prototipagem e/ou possibilitar uma maior quantidade de experimentos, visto que são utilizados processos rápidos e de baixo custo), agrupados por Controle Numérico Computadorizado (CNC), Máquinas impressoras 3D, Fresadoras, Máquinas de Corte a Laser, etc.

Figura 2 - FabLab da Universidade de Stanford



Fonte: Paulo Blikstein (2016)

Existem dois ideais base para esse modelo de oficina; a colaboração e a troca de concepções/projetos. E é exatamente por isso que a maioria dos *FabLab* estão ligados a um sistema de informações global (*FabFoundation*) com o propósito de cambiar experiências científicas e colaboradores; o que é tão significativo quanto a quantidade de equipamentos que o constituem. O pressuposto desse tipo de local é tornar democrático o acesso à manufatura digital, bem como ensinar e preparar seus utilizadores (MONTENEGRO, 2018).

O nascimento e os primeiros passos do *HT FabLab* fundado na Universidade de Nápoles Federico II visam valorizar uma experiência pedagógica, os

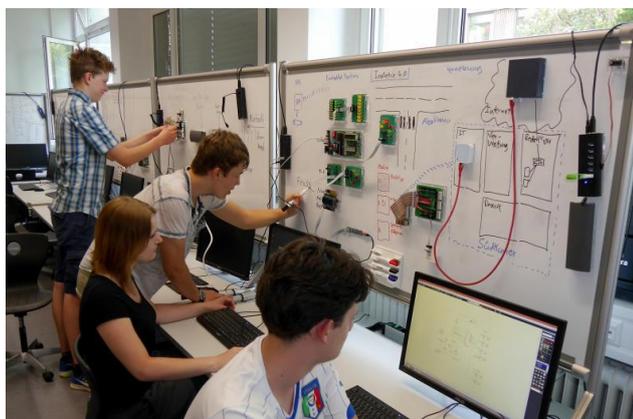
alunos continuam a tirar proveito das habilidades adquiridas para se envolver em uma série de projetos multidisciplinares sugeridos pelos professores, com recursos de pesquisa aplicada e alcançáveis por meio de técnicas digitais inovadoras em *IoT*, Indústria 4.0 e etc.

Na Universidade de Nápoles Federico II, compuseram um curso inovador chamado "*Communication Network Measurements (MRC)*" que aborda a respeito do tema de Internet das Coisas (*IoT*) que, para além das aptidões teóricas e práticas, pretende também instruir competências empreendedoras através de um plano a longo prazo em que algumas fábricas *Hi-Tech* estão diretamente envolvidas no processo de *start-up*. Com base em experiência de didática positiva, alguns estudantes do MRC, com o apoio de professores da faculdade de Eng. Elétrica e Tecnologia da informação (*DIETI*), investiram no primeiro *FabLab* na *Università di Napoli Federico II: The High-tech FabLab DIETI Unina (HT FabLab)* (ANGRISANI et al., 2018).

2.3 Bancadas Didáticas para Ensino sobre Indústria 4.0

Essa plataforma de produção escalável semelhante a uma bancada (Figura 3) inclui ações *plug and play* padronizadas e possui módulos intercambiáveis para montagem, verificação, transferência e armazenagem que também podem ser reconfigurados em diferentes *designs*.

Figura 3 - Bancada didática adaptável



Fonte: LNI4.0 (2022)

O objetivo dessa estação é explorar diversas possibilidades com os estudantes, criando um ambiente para que a programação e treinamento dos sistemas e seus componentes possa prosperar.

Uma das vantagens oferecidas por essa forma de bancada é que ela permite que os estudantes produzam e se desenvolvam em contato com o conceito de manufatura aditiva e subtrativa, ou seja, impressoras 3D, juntamente com fresadoras. Simultaneamente, abre a possibilidade de estudar conceitos de produção em esteira e sensores sequenciais por meio de dispositivos detalhados no quadro magnético.

Nessa estação, pode ser adicionada sistemas de Controladores Lógico Programável (CLP). Esses modelos de CLP podem ser integrados a cada um dos módulos necessários para o estudo desejado, recebendo informações e enviando comandos de acordo com a lógica de programação criada pelo estudante.

Cada estação contém uma interface I/O remota conectando seus componentes. O CLP está ligado a essas remotas através de redes industriais, usando protocolos como o *PROFINET*. Isso permite que todas as partes da manufatura troquem informações e recebam comandos de forma segura e muito similar ao cenário industrial real. Além disso, essa configuração de montagem permite que os estudantes utilizem outros CLP's do próprio laboratório conectados nas redes, permitindo controles de forma remota da bancada. Assim, é possível dividir o projeto em várias partes e equipes como; Equipes de Automação, Manutenção, Processos, Engenharia eletricista, Engenharia Mecânica, Projetos, Design e assim por diante, criando uma experiência colaborativa com toda a sala de aula.

A empresa Exsto possui uma bancada denominada "Planta didática de Indústria 4.0" (Figura 4). A planta se divide em estações educacionais: Manipulador Industrial *Pick and Place* que utiliza de controle pneumático e elétrico para realizar a alimentação de insumos no processo e tem a intenção de proporcionar uma visão geral e superficial sobre o tema indústria 4.0, mais focado a processos de fabricação.

A estação proporciona ao estudante a experiência de manipular e programar os sistemas de forma integrada. O objetivo é selecionar e movimentar peças oriundas de um estoque até a esteira da planta, dando início ao processo produtivo.

Figura 4 - Planta didática de Indústria 4.0 (XC801) da empresa Exsto



Fonte: Exsto (2022)

O grupo ALGETEC possui em sua gama de bancadas didáticas, a AG-SIM (Figura 5), uma bancada didática de sistema integrado de manufatura. Essa bancada é um equipamento multidisciplinar que oferece a oportunidade de observar e de operar uma célula integrada de manufatura, na qual conhecimentos de diferentes áreas das engenharias podem ser aplicados conjuntamente em busca do aumento de produtividade, qualidade e confiabilidade dos produtos.

Figura 5 - AG-SIM para sistema integrado de Manufatura do grupo ALGETEC



Fonte: ALGETEC (2022)

2.4 Revisão Sistemática de Literatura

Uma revisão sistemática, assim como outros tipos de estudo de revisão, é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema.

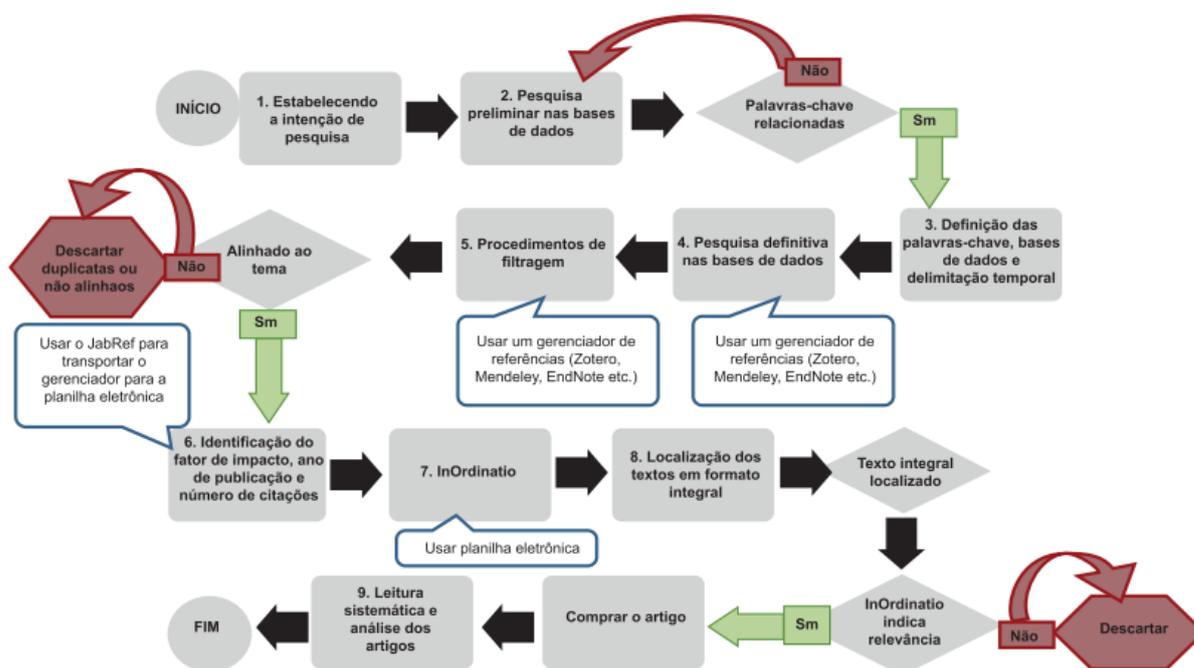
Esse tipo de investigação disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. As revisões sistemáticas são particularmente úteis para integrar as informações de um conjunto de estudos realizados separadamente sobre determinada terapêutica/intervenção; podendo apresentar resultados conflitantes e/ou coincidentes, bem como identificar temas que necessitam de evidência, auxiliando na orientação para investigações futuras (RF; MC; SAMPAIO, 2007).

2.4.1 *Methodi Ordinatio*

A metodologia de pesquisa de arquivos científicos *Methodi Ordinatio* surgiu da necessidade de qualificar os artigos obtidos em uma revisão de literatura sistematizada. Esta metodologia leva em consideração que três fatores estejam claramente definidos na literatura como importantes a um trabalho científico; o fator de impacto, número de citações e ano de publicação dos dados da pesquisa. Quanto mais recente a pesquisa, mais provável é que novos avanços tenham sido alcançados e maior será a probabilidade de contribuição para inovações na área do conhecimento (PAGANI; MAURICIO; RESENDE, 2018).

Assim foi concebida a metodologia *Methodi Ordinatio*, tendo como base o modelo de Cochrane e a *ProKnow-C* para o levantamento dos trabalhos. A metodologia é composta por nove etapas no total, sintetizadas e explicadas passo a passo no diagrama da Figura 6.

Figura 6 - Etapas da Methodi Ordinatio



Fonte: Adaptado de Pagani et al. (2015)

Ressaltando que o *Methodi Ordinatio* é uma das diversas formas abordagens metodológicas, e sua escolha leva em conta os propósitos da pesquisa que está sendo realizada, bem como as necessidades do pesquisador (LACERDA et al, 2015).

2.5 Decisão Multicritério: Método *Fuzzy Ahp*

O método utilizado de decisão multicritério *A.H.P* (*Analytic Hierarchy Process*) foi desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970. O método é uma forma eficaz de tomada de decisões na qual é aplicada uma lógica e capaz de priorizar alternativas mediante a considerações de critério múltiplos, em situações em que as decisões possam ter origem intuitiva, racional ou qualitativa. A representação de um problema de decisão é desenvolvida em forma de uma estrutura hierárquica e os critérios de decisão são decompostos em um conjunto de atributos que também deve estar contido na estrutura hierárquica.

Isso foi seguido por um processo denominado Escala Saaty Fundamental, esse serviu para calcular as tendências entre os elementos da árvore e os processos de síntese multilinear classificação qualitativa de alternativas (*Ranking*) (SAATY, 1977).

A metodologia AHP pode ser combinada com a lógica *fuzzy* para assim transformar as opiniões qualitativas em valores e diminuir a subjetividade delas.

Deste modo, o método tem a intenção de diminuir as subjetividades e erros em um processo de tomada de decisões a partir da comparação par a par, determinada por julgamentos de especialistas (LIMA, 2013).

A intenção dessas aplicações é que direcionem de forma consistente a tomada de decisões complexas, baseadas na matemática e na psicologia. Sendo assim, com tal métodos busca-se garantir maior rigor científico.

2.6 Padrões de Segurança, Aspectos Legais e Patentes

2.6.1 Padrões de Segurança

A norma regulamentadora NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos define referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores. Além de gerar melhorias das condições de trabalho em prensas e similares, injetoras, máquinas e equipamentos de uso geral, e demais anexos, além de prever máquinas e equipamentos intrinsecamente seguros.

No anexo II - Conteúdo Programático da capacitação, presente na NR-12, tem-se que a capacitação para operação segura de máquinas deve abranger as etapas teórica e prática, a fim de proporcionar a competência adequada do operador para trabalho seguro, contendo no mínimo: (Redação dada pela Portaria MTB 1.083/2018). No atual modelo de trabalho, o operador seria o aluno, e essa capacitação para uma operação segura do *smartlab* ocorreria em aulas teóricas, nas quais teriam como objetivo os seguintes pontos:

- Descrição e identificação dos riscos associados à máquina e equipamento e as proteções específicas contra cada um deles (Figura 7);
- Funcionamento das proteções; como e porque devem ser usadas;
- Como e em que circunstâncias uma proteção pode ser removida, e por quem, sendo, na maioria dos casos, somente o pessoal de inspeção ou manutenção;

- O que fazer, por exemplo, contatar o supervisor (professor), se uma proteção foi danificada ou se perdeu sua função, deixando de garantir uma segurança adequada;
- Os princípios de segurança na utilização da máquina ou equipamento;
- Segurança para riscos mecânicos, elétricos e outros relevantes;
- Método de trabalho seguro;
- Permissão de trabalho.

Figura 7 - Exemplo de sinalizações de riscos para equipamentos



Fonte: Autoria própria (2022)

Nos aspectos ergonômicos, descritos na NR-12, no parágrafo 12.94, descreve-se que máquinas e equipamentos devem ser projetados, construídos e mantidos com observância aos seguintes aspectos:

- Atendimento da variabilidade das características antropométricas dos operadores;
- Respeito às exigências posturais, cognitivas, movimentos e esforços físicos demandados pelos operadores;
- Os componentes como monitores de vídeo, sinais e comandos, devem possibilitar a interação clara e precisa com o operador de forma a reduzir possibilidades de erros de interpretação ou retorno de informação;
- Os comandos e indicadores devem representar, sempre que possível, a direção do movimento e demais efeitos correspondentes;

- Os sistemas interativos, como ícones, símbolos e instruções devem ser coerentes em sua aparência e função;
- Favorecimento do desempenho e a confiabilidade das operações, com redução da probabilidade de falhas na operação; no parágrafo 12.95 são discriminados os aspectos que devem ser projetados, construídos e mantidos comandos das máquinas e equipamentos.

No parágrafo 12.95 da NR-12, são discriminados os aspectos nos quais devem ser projetados, construídos e mantidos os comandos das máquinas e equipamentos.

A postura ergonômica de trabalho deve seguir segundo a ABNT NBR ISSO 11226:2013; Ergonomia-Avaliação de posturas estáticas de trabalho especifica parâmetros de postura como inclinação do tronco, inclinação da cabeça, flexão/extensão de pescoço, elevação do braço e posições extremas das articulações.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Revisão Sistemática de Literatura: *Methodi Ordinatio*

A princípio, a pesquisa iniciou através da pesquisa teórica básica dos artigos explorados por uma revisão sistemática da literatura utilizando uma metodologia chamada *Methodi Ordinatio*, reunindo os termos Educação, *Education*, Engenharia, *Engineering*, *SmartLab*, *FabLab*, *Industry 4.0*, *Industria 4.0* e *Learning Factory*; todos identificados no título, resumo, palavras-chave e Introdução.

As bases acessadas foram Elsevier, CAPES e Google Acadêmico, para trabalhos de 2015 ao ano de 2021. As pesquisas foram divididas em duas partes (fases). Na primeira, o propósito era encontrar artigos que incluíssem uma possível relação com o tópico e foco da pesquisa em questão, ou seja, artigos científicos relacionados ao desenvolvimento da educação sobre Indústria 4.0 nas universidades com uma coleta horizontal de dados, transmitindo maior abrangência de informações/dados e menos profundidade nos temas (CHONG et al., 2018).

Em seguida, na segunda parte da pesquisa, foram aplicados padrões na escolha dos artigos, nos quais justificassem potenciais exclusões, padrões como:

- Conexão de título e/ou resumo com o tema apresentado;
- Aparição de palavras-chave no subtítulo e/ou resumo;
- Publicações a partir de 2015;
- Artigo relacionado ao tema apresentado;
- Valor *InOrdinatio* maior ou igual a 70;
- Leituras íntegra dos artigos selecionados.

Os arquivos selecionados para execução da leitura completa foram separados com o nome do artigo e retratação (Figura 8), sendo uma descrição pessoal sobre a escrita do artigo, auxiliando na revisão de literatura.

Figura 8 - Modelo organização artigo e retratação do artigo

ARTIGO	RETRATAÇÃO
INDUSTRY 4.0 LEARNING FACTORY DIDACTIC DESIGN PARAMETERS FOR INDUSTRIAL ENGINEERING EDUCATION IN SOUTH AFRICA	o foco principal do estudo não foi descobrir a extensão da implantação de fábricas de aprendizagem nas universidades, mas sim investigar sua conceituação de design didático.
OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0	O artigo tem como objetivo analisar a relação existente entre os conceitos de Educação em Rede e Indústria 4.0, a fim de identificar tendências emergentes de aprendizagem industrial
Adaptation of the Higher Education in Engineering to the Advanced Manufacturing Technologies	Este artigo tem como objetivo mostrar como a estratégia adotada pela rede francesa pode ajudar a atender às necessidades da futura indústria 4.0. Vários exemplos de atividades valorosas desenvolvidas nesta estratégia serão dados
Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into Engineering Teaching	Este artigo, portanto, propõe um modelo de aprendizagem combinada para integrar a Indústria 4.0 ao ensino de engenharia, que consiste em abordagens tradicionais de aprendizagem online e de sala de aula invertida.
Learning factories for future oriented research and education in manufacturing	Uma visão geral das abordagens de fábrica de aprendizagem existentes na indústria e na academia é fornecida, mostrando a ampla gama de diferentes aplicações e conteúdos variados.
Academic Fablab at University of Naples Federico II	A missão do HT Fablab é espalhar a inovação, fabricação digital e aumento da parceria com o governo local e empresas. O HT Fablab dá aos alunos a oportunidade de transformar ideias em projetos primeiro e em potencial spin-off e start-up depois
Advanced Automation for SMEs in the I4.0 Revolution Engineering Education and Employees Training in the Smart Mini Factory Laboratory	Neste artigo, são explicadas e discutidas as experiências e resultados que aprendemos com a implementação de treinamentos específicos e atividades educacionais para automação avançada no Laboratório Smart Mini Factory da Universidade Livre de Bolzano.
Integrating the Concept of Industry 4.0 by Teaching Methodology in Industrial Engineering Curriculum	Neste artigo, um roteiro contendo um curso de duração acadêmica baseado no conceito da Indústria 4.0, pelos quais os nossos graduados em engenharia passaram, é apresentado. Inicialmente, um programa de orientação para alunos elaborando o conceito da Indústria 4.0, seus principais pilares, a importância da execução orientada a eventos e técnicas de fabricação de produtos inteligentes.

Fonte: Autoria própria (2022)

Para calcular o valor *InOrdinatio* pelo método utilizado, é usada a Eq. 1, sendo, F_i = Fator de impacto, $AnoPes$ = Ano que a pesquisa foi realizada, $AnoPub$ = Ano da publicação do paper, $\sum C_i$ = Número de citações, A = Peso do critério FI (1 No *InOrdinatio*), B = Nível de importância da contemporaneidade do tema (usualmente de 1 a 10) e C = Peso Do Critério De Citações (1 No *Inordinátio*). Como pode-se observar:

$$InOrdinatio = (F_i * A + [10 - (AnoPesq - AnoPub)]) * B + (\sum C_i) * C \quad (1)$$

Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) apresentam dois tipos possíveis de revisão: agregativa e configurativa. Sendo que a revisão agregativa traz resultados de questões mais fechadas, sendo encontrados resultados primários que agregam para a obtenção de resultados, nos quais, na maioria das vezes, tem como origem uma hipótese. Já a configurativa traz questões com maior amplitude, que devem ser avaliadas com maior abrangência. De acordo com Dresch, Lacerda e Antunes Júnior, o foco da revisão é “o arranjo de diversos resultados individuais em uma renderização teórica coerente” (LACERDA et al., 2013, p.147).

Como a ideia desta revisão é buscar um panorama amplo, a revisão configurativa é mais adequada a esta pesquisa, porque consegue prover uma ideia mais geral do que vem sendo proposto.

3.2 Projeto do Produto *Smartlab*

1.3.1 Pesquisa de Patentes

A pesquisa por patentes foi executada nos repositórios *Google Patents*, INPI e *Patente Scope*, com as seguintes palavras-chaves e combinações: 1) "*smartlab*" and "*industry 4.0*"; 2) "*teaching table*" and "*industry 4.0*"; 3) "*Fablab*" and "*smart table*"; 4) "*didactic bench*"; e 5) "*didactic bench*" and "*industry 4.0*".

Os resultados passaram por uma leitura de título e resumo, sendo descartados os quais não teriam ligação com o tema proposto.

1.3.2 Requisitos/necessidades do Cliente

Para obter as necessidades dos potenciais futuros utilizadores, realizou-se entrevistas com especialistas da área na posição de clientes, a fim de compreender o que eles vislumbram como pré-requisito para avaliar e mensurar as necessidades do produto. Alunos, apesar de futuramente ser previsto que executem boa parte na utilização, nesse primeiro momento, foram deixados de lado na pesquisa, pelo fato de ser algo relativamente novo o ensino da I4.0 nessa modalidade.

Para as entrevistas, algumas perguntas foram feitas, buscando entender informações pessoais de formação, área de trabalho, conhecimentos gerais sobre

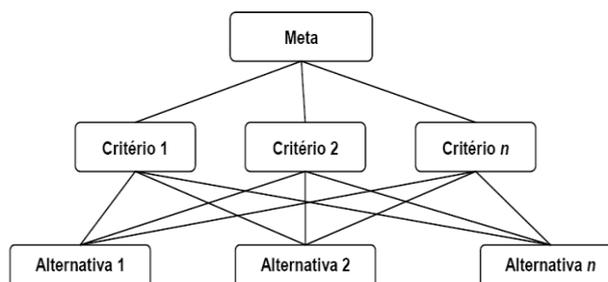
indústria 4.0. Em seguida, perguntas específicas em relação à indústria 4.0 e habilidades de profissionais que atuarão no meio. Após apresentação da ideia do presente projeto, foi aberto espaço para sugestões e críticas.

1.3.3 Análise de Requisitos do Cliente

Os requisitos do cliente foram avaliados usando o método *Fuzzy Multi-Criteria Decision: Método AHP (Analytical Hierarchy Process)*. Trata-se de uma abordagem de retribuição baseada em modelos por meio de uma estrutura hierárquica (SAATY, 1977). Utiliza-se os seguintes pontos: 1) Objetivos (Meta); 2) Critérios; e 3) Alternativas.

Sendo assim, o fluxograma de distribuição hierárquico se constrói semelhante ao modelo da Figura 9.

Figura 9 - Modelo de distribuição segundo a metodologia AHP



Fonte: Autoria própria (2022)

A utilização do método *AHP* consiste em um passo a passo, primeiramente os itens individuais devem ser comparados no nível adequado (critérios entre critérios e alternativas relacionadas a cada critério) em uma escala numérica. Isso requer comparar $n * (n-1) / 2$ sendo n o número de elementos. Levando em consideração que os elementos na diagonal principal são idênticos a 1 e que os demais elementos serão os recíprocos das comparações iniciais. Segue-se a etapa de utilização de pesos (valores) denominado Escala Fundamental de Saaty, para o cálculo das tendências entre os componentes do fluxograma (árvore), em que os pares são comparados com o AutoVetor e AutoValor da Matriz de Decisão, resultando assim em um processo de síntese multilinear. chamado Ranking Qualitativo de Alternativas. (SAATY, 1977)

A intenção desta aplicação é que oriente de forma consistente a tomada de decisões complexas, baseadas na matemática e psicologia. Sendo assim, com tal método busca-se garantir maior rigor científico.

Na Escala Saaty Fundamental, é atribuído valores em concordância com a definição de comparação, assim como a explicação do valor, como visto no Quadro a seguir:

Quadro 1 - Modelo de distribuição segundo a metodologia AHP

Valor	Definição	Explicação
1	Influência Igual	Apoio alternativo ou critérios semelhantes
3	Influência Fraca	Ligeira superioridade na avaliação de alternativas ou critérios.
5	Influência Forte	Toma uma decisão decisiva sobre uma alternativa ou critério
7	Influência Muito Forte	reconhecido como superior a alternativas ou critérios
9	Influência Absoluta	Provar a superioridade dominante de uma alternativa ou critério.
2,4,6,8	Valores Intermediários	cargos intermediários relacionados ao acima

Fonte: Autoria própria (2022)

Seguido da fase em que os pesos são concedidos para os critérios pertinentes (C1, C2, C3, ...), as matrizes de pontuação são geradas pelo método aplicado como em uma matriz (Figura 10).

Figura 10 - Exemplo de Matriz AHP.

$$\begin{pmatrix} & C1 & C2 & C3 \\ C1 & 1 & 1/3 & 3 \\ C2 & 3 & 1 & 5 \\ C3 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{pmatrix}$$

Fonte: Autoria própria (2021).

Assim, há como observação da matriz a seguintes situações:

- I. O Critério 1 (C1) é determinado como menos influente que o Critério 2 (C2), pois o resultado da avaliação é menor que 1 (1/3), e a intensidade da preferência pelo Critério C2 é Fraca (3).
- II. O Critério 1 (C1) é determinado como mais influente que o Critério 3 (C3), pois o resultado da avaliação é maior que 1 (3), e a intensidade da preferência pelo Critério C1 é Fraca (3).
- III. O Critério 2 (C2) é determinado como mais influente que o Critério 3 (C3), pois o resultado da avaliação é maior que 1 (5), e a intensidade da preferência pelo Critério C2 é Forte (5).

O próximo passo no método acima é achar o vector de prioridade normalizado para cada matriz de análise matemática de julgamento. O vector prioritário é resultado da Eq. (2).

$$P_i = (1/m) \sum_{j=1}^m a'_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

Sendo

$$a'_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^m a_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

Posteriormente, para cada matriz necessária é preciso determinar a razão de concordância (RC), que é a razão entre o índice de concordância (IC) e o índice aleatório (IR). O índice de consistência é baseado no autovalor máximo da matriz de decisão (λ_{max}).

O índice de concordância definido por Saaty (STEIN; MIZZI, 2007) usa os autovalores da matriz de decisão (λ_{max}), $IC \geq 0$, e com $IC=0$ se as matrizes forem congruentes apenas. O índice de concordância foi determinado pela seguinte Eq. (4) e o valor de RC foi determinado pela Eq. (5).

$$IC = (\lambda_{m\acute{a}x.} - n) / (n - 1) \quad (4)$$

$$RC = IC / RI \quad (5)$$

Utilizando o método de Normalização Ativa que utiliza o índice de concordância Harmônica (STEIN; MIZZI, 2007), é possível demonstrar os juízos de quem estima a matriz. Se o valor de RC estiver dentro dos valores especificados, os resultados dos juízos são levados em conta, e considerados como válido. Ocorrência contrário, as tentativas devem ser repetidas até que esses valores estejam dentro de uma faixa adequada. O Índice de concordância Harmônica é dado pela Eq. (6).

$$ICH = [(MH_s - n) \cdot (n + 1)] / n \cdot (n - 1) \quad (6)$$

O objetivo da aplicação do ICH é orientar a avaliação apenas se as tendências do decisor forem consistentes com o sistema de preferência multiplicativa, a preferência em si não é avaliada. Ou seja, considera se os tomadores de decisão usam a mesma escala de preferência para estimar critérios ou alternativas, mesmo que a força da preferência seja diferente.

Utilizando as decisões tomadas e os vetores de prioridade disponíveis e válidos, a categorização final das alternativas é realizada com base na soma ponderada. A categorização das alternativas é determinada pela Eq. (7).

$$R_i = \sum_{j=1}^m w_j \cdot P_{ij} \quad (7)$$

Por fim, uma vez definido o índice de concordância, utiliza-se o grau de magnitude na planilha de normalização aditiva, imputando sinal positivo, negativo ou igual, se o critério da coluna da esquerda for mais, menos ou igualmente importante que o item da coluna da direita.

Figura 11 - Exemplo de normalização ativa

Critérios/Alternativas		Importância (+, =, -)	Valor
C1	C2	-	3
C1	C3	+	3
C2	C3	+	5

Fonte: Aatoria própria (2022)

Assim, o método resultará em um vector de valores que sinaliza qual critério seria o mais relevante com base no maior valor da coluna “pesos”, conforme o método AHP.

3.2.4 Análise de Requisitos e Desenvolvimento Conceitual do Produto

No estudo de requisitos do produto, foi necessário transformar o requisito do cliente em uma linguagem técnica que seja mais familiar para os profissionais envolvidos no projeto do produto. Para essa transformação, utiliza-se métodos que minimizam a probabilidade de esquecer um requisito do produto considerado importante. Portanto, foram obtidos os requisitos do produto através de *brainstorm* com os experts e desenvolvido um *check list*.

Após listado os requisitos, segue-se para a etapa de relacionar os requisitos dos clientes e os requisitos do produto. Para isso, por meio notas, analisa-se a relação entre os requisitos. Sendo as notas 9 para forte relação, 3 para média relação, 1 para fraca relação e 0 para nenhuma relação; de acordo com as definições da Escala Saaty. Isso foi realizado de acordo com a respectiva nota multiplicada pelo peso do requisito do cliente, no qual definisse-se, após a elaboração das planilhas AHP para cada categoria de requisitos do cliente, o valor para análise hierárquica.

Em sequência, estipula-se as especificações-meta do produto para que seja possível dar andamento na concepção do projeto. Nessa etapa, os requisitos do produto passam a ser informações completas, contendo especificações de sistemas do produto e até valores e unidades de medida.

Consoante a perspectiva de valorar e os requisitos do produto, foi utilizado, no presente estudo, a ferramenta da matriz QFD (*Quality Function Deployment*). O QFD é uma das ferramentas da qualidade que foi criada na década de 60 pelo japonês Yoji Akao. Essa tem como objetivo principal permitir que a equipe de desenvolvimento do produto incorpore as reais necessidades do cliente em seus projetos de melhoria. Através do QFD (*Quality Function Deployment*), foi gerado um banco de especificações-meta que orientarão, por conseguinte, o desenvolvimento do produto.

Em seguida, uma modelagem funcional global teórica da bancada foi realizada, Modelagem funcional é o nome dado para a atividade de desenvolver modelos de produtos baseados nas suas funcionalidades (GIORIA, 2016).

A modelagem global da funcionalidade do produto tem a finalidade de propor um modelo que contemple o produto de forma integral. Seguido de uma modelo game que é desdobramento da modelagem global, com finalidade de ser mais detalhada no aspecto geral do produto. Porém, como o produto poderá funcionar de diversos aspectos, realizou-se o desdobramento de um aspecto de trabalho em esteira de fabricação aplicado ao conceito do trabalho.

3.2.4.1 Desenvolvimento de Princípios de Soluções para o Produto e Funções

As funções especificadas do produto na fase de análise devem passar do abstrato para o concreto. Sendo assim, as funções da modelagem global do sistema funcional escolhido são atribuídas uma ou mais soluções, as quais foram obtidas através de *brainstorming* com *experts* no tema abordado. O produto opera simultaneamente de forma física e de forma digital. Portanto, é um sistema *Cyberfísico*. Como é possível observar os exemplos abaixo:

Exemplo:

Função 1: Testar Sistemas Cyberfísicos.

- Efeito físico: Testar fisicamente os módulos magnéticos para suas funções pré-determinadas (Sensores, Controladores, Programadores e/ou Reguladores), captando dados em tempo real e/ou cumprindo sua função quando solicitado.
- Princípio de solução 1 (TSC1): Criar protocolos de verificação de sistema como *check-in* com ferramentas de qualidade como a ferramenta fluxograma.

Os princípios de soluções para o produto foram definidos com base nos itens utilizados atualmente no mercado. Para as combinações, utiliza-se o método de combinação inteligente (ANDERL et al, 2013). Criando tabelas de princípios de solução, seguida de uma análise através de uma matriz morfológica, gerando três opções A, B e C., ou seja, três princípios de solução para o funcionamento do equipamento. Para cada opção, identifica-se os Sistemas, Subsistemas e

componentes (SSC), definindo a integração entre os SSC; criando um diagrama de integração de sistemas.

Por fim, define-se características dos parâmetros principais, design ergonômico e estético, levantamento de seguimento de empresas para possíveis parcerias e co-desenvolvimento e uma concepção final do produto. Passa-se, então, para a discussão e resultados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Revisão Sistemática

O assunto e as concepções da Indústria 4.0 são cada vez mais discutidos e aplicados no âmbito industrial. Porém, a formação não se desenvolve tão veloz quanto essa mudança e avanço tecnológico no setor industrial, o que torna o profissional recém-formado obsoleto se esse não buscar se capacitar.

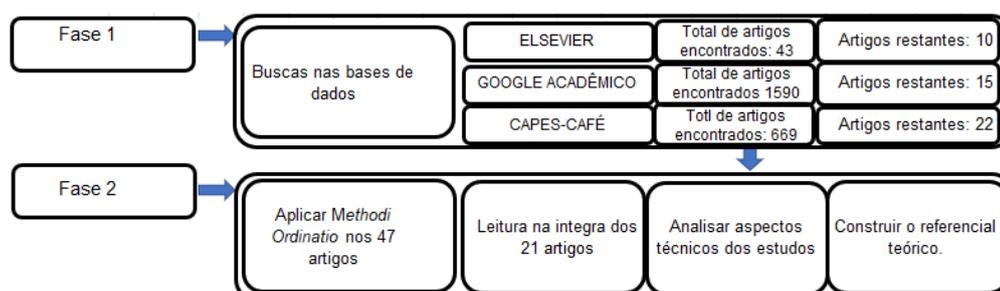
A respeito da pesquisa teórica feita a partir dos filtros citados, obteve-se um resultado total de aproximadamente 2302 resultados na fase 1 da pesquisa (Figura 13). Nos quais, analisa-se títulos e resumos, buscando as palavras-chaves citadas e analisando quais tinham potencial ligação com o tema da pesquisa. Isso aplicando a metodologia de pesquisa mencionada. O que resultou em uma quantidade restante de 47 artigos científicos na fase 2, para aplicar o *Methodi Ordinatio*.

Quadro 2 - Estrutura da metodologia

FASE 1				
PALAVRAS CHAVE	BASE DE DADOS BRUTOS			TOTAL
	ELSEVIER	GOOGLE ACADÊMICO	CAPES-CAFÉ	
FabLab ou SmartLab*; Industry 4.0; Education; Engineering; Learning Factory; *MiniSmartLab Obs.: Combinações de palavras, podendo estar presentes em Palavras-Chave, Resumo ou introdução.	Resultados da Pesquisa: 47 Resultados para publicações da data > 2015, Tipo: Artigos de Pesquisa; Área Temática: Engenharia.	Resultados da Pesquisa: 1590 Resultados para publicações >2015, Tipo: Artigos, com todas as palavras "mini smart lab, industry 4.0, engineering".	Resultados da Pesquisa: 669 Resultados para publicações >2016, Tipo: Artigos, com todas as palavras "smart lab*, industry 4.0 ". Tópico: Engineering	2302
TOTAL	43	1590	669	

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 12 - Fases da metodologia



Fonte: Autoria própria (2022)

Com o valor de *InOrdinatio* calculado, os trabalhos foram ranqueados do maior valor de *InOrdinatio* para o menor, é possível ver os quinze com maiores valores no Quadro 3.

Quadro 3 - Artigos selecionados e ordenados de acordo com o valor de *InOrdinatio*

Ranking	Artigo	Ano	Ci	InOrdinatio
1º	Learning Factories For Future Oriented Research And Education In	2017	145	215
2º	Industry 4.0 Learning Factory Didactic Design Parameters For Indus	2017	56	126
3º	Indústria 4.0: Desafios E Oportunidades	2018	40	120
4º	Engineering education for smart 4.0 technology a review	2020	4	104
5º	Advanced Automation for SMEs in the I4.0 Revolution Engineering	2019	13	103
6º	An Interdisciplinary Digital Learning And Research Factory The Sma	2020	1	101
7º	Competencies for Industry 4.0	2020	1	101
8º	Integrating the Concept of Industry 4.0 by Teaching	2020	0	100
9º	Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into	2018	20	100
10º	Adaptation of the Higher Education in Engineering to the Advanced	2019	2	92
11º	Os Desafios Da Educação Em Rede No Contexto Da Indústria 4.0	2019	2	92
12º	A Multipurpose Small-Scale Smart Factory For Educational And Res	2019	0	90
13º	Laboratórios de fabricação digital uma revisão sistematica	2019	0	90
14º	Academic Fablab at University of Naples Federico II	2018	3	83
15º	Modular Smart Production Lab	2017	5	75

Fonte: Autoria própria (2022)

Com a pesquisa, foi possível visualizar que universidades de algumas nações como África do Sul, Itália, Alemanha e Portugal já desenvolveram técnicas e didáticas para o ensino e estão em processo de execução. O que essas técnicas aplicadas por esses países têm em comum é um estilo de aprendizagem mais prático e menos teórico. Isso, às vezes, acontece ao mesmo tempo que pequenas e médias empresas dão o suporte à aplicação prática.

A importância de desenvolver a educação em paralelo ao desenvolvimento das empresas parceiras, está em ações que permitem um desenvolvimento prático na formação; muito mais próximo da prática que se desenvolve no cotidiano do setor. O que, muitas vezes, possibilita poder praticar e aprender com ferramentas e metodologias utilizadas por empresas o que ainda não fazem parte do escopo acadêmico, como impressão 3D, fibra de carbono, programação sequencial e entre outros.

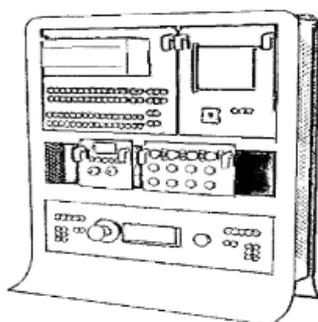
Sendo assim, é possível fundamentar a importância das mudanças necessárias na forma de ensino aplicada atualmente à forma de ensino que deverá possuir como pressupostos as premissas da Indústria 4.0.

4.2 Estudo De Desenvolvimento da Bancada Didática

Na análise de patentes semelhantes ao produto proposto, uma das patentes encontradas tem relação com o projeto em desenvolvimento, a patente BRPI1000550A2-Bancada didática com módulos magnéticos (figura 13). Essa apresenta um processo de fixação de módulos em bancada didática, sendo essa a patente que mais se aproxima com produto a ser desenvolvido.

A patente consiste em proporcionar uma bancada didática para laboratórios de treinamentos em instituições de ensino, compreendendo um sistema de fixação magnética em módulos. Essa solução proporciona flexibilidade de confecção de módulos e de montagens, além de compreender uma fixação prática.

Figura 13 - Imagem da Patente da Bancada didática com módulos magnéticos



Fonte: Patente BRPI1000550A2 (2022)

Na análise de produtos similares, há a estação da empresa Exsto. Essa tem como foco alguns conceitos básicos como o de leitura por sensores e seleção de produtos em esteira. Sendo assim, é um item com foco mais técnico e menos estrutural; com pouca oportunidade teórica quando o assunto é multidisciplinaridade.

A bancada da empresa ALGETEC abre oportunidade de o usuário intervir em funções um pouco mais avançadas quando comparada com a bancada da EXSTO; como programar CLP's e escrever códigos sequenciais par uma linha de

produção. Porém, no quesito manufatura, há poucas oportunidades de aprendizado com ferramentas encontradas no dia a dia da indústria; como nas áreas de logística, manutenção, processos e entre outras áreas.

Um *benchmarking* entre a proposta deste trabalho e os dois modelos de bancada encontrados no mercado foi feito, e seus resultados podem ser vistos na Figura 14. Sendo demarcado por verde, azul ou amarelo em quadrantes, caso o produto do fabricante em questão tenha ou não os requisitos. Como pode ser observado a seguir:

No desenvolvimento do produto, as necessidades dos clientes levantadas através das entrevistas foram seguintes:

- Facilidades de ensino;
- Conectividade;
- Precisão de resultados;
- Materiais de fabricação da bancada;
- Qualidade de Conexão;
- Módulos de boa qualidade;
- Hardwares de desempenho compatível com o trabalho a ser executado;
- Ser segura;
- Ser ergonômica;
- Interdependência de parâmetros;
- Dimensões cabíveis a bancada (Lousa, Mesa e Monitor);
- Que o sistema simule erros;
- Produza algo palpável;
- A máquina tomar decisões autônomas;
- Gêmeo Virtual (Virtual Twin).

Em seguida, com a diversidade e quantidade de necessidades descritas pelos entrevistados, as necessidades são agrupadas e divididas em quatro grupos: 1) Ensino; 2) Qualidade; e 4) Características de uso e dimensões da bancada. Como visto abaixo:

Quadro 4 - Exemplo de estrutura AHP-Analytic Hierarchy Process

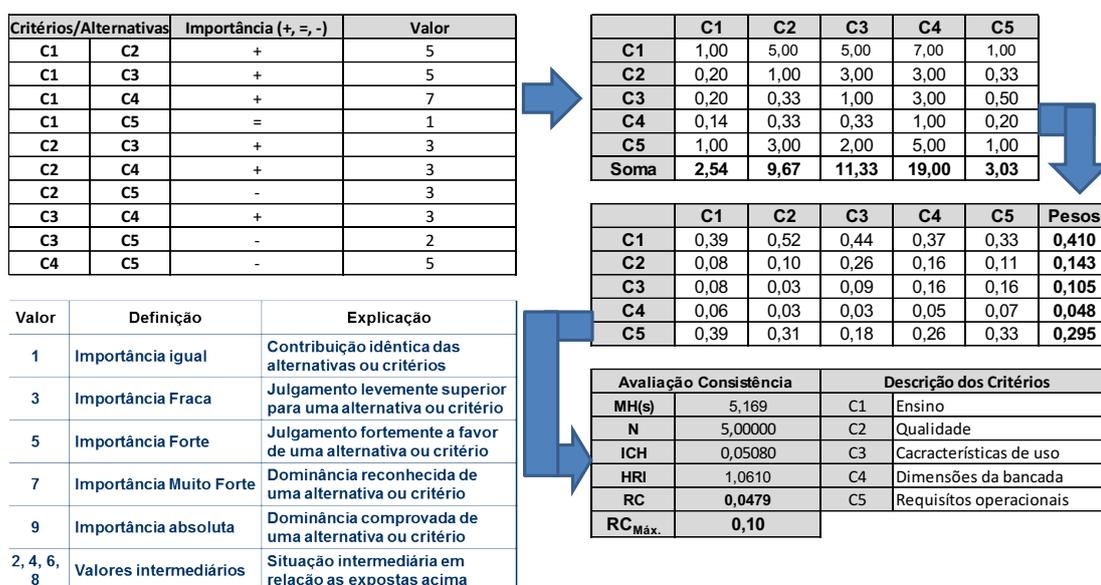
Ensino	Qualidade	Características de uso	Dimensões da bancada	Requisitos Operacionais
Facilidade de ensino	Materiais de fabricação da mesa	Segurança	Lousa magnética	Simule Erros
Conectividade	Conexão	Ergonomia	Mesa	Produza algo "Palpável"

Precisão de resultados	Módulos	interdependência	Monitor	Máquina com decisões autônomas
	Computadores e hardwares			Gêmeo Virtual (Virtual Twin)

Fonte: Autoria própria (2022)

Na Figura 15, é apresentado como funcionou o fluxo de aplicação do processo do método AHP aplicados como exemplo no grupo Geral, no qual é o conjunto de todos os grupos citados acima. A Figura 15 considera uma aplicação do método de maneira geral, ou seja, nos grupos onde estão as necessidades (critérios).

Figura 15 - Utilização do método AHP



Fonte: Autoria própria (2022)

As Figuras 16, 17, 18, 19 e 20 mostram as etapas de utilização e resultados da aplicação do método AHP separadamente de acordo com a necessidade de cada grupo de clientes, nos quais foram levantados. Conforme pode ser observado:

Figura 16 - AHP: Geral

Objetivo do Produto: Ser uma bancada didática de ensino sobre indústria 4.0, para graduandos dos cursos de Engenharias.

AHP(0)-Geral											
Critérios/Alternativas	Importância (+, =, -)	Valor		C1	C2	C3	C4	C5		Descrição dos Critérios	
C1	C2	+	5	C1	1,00	5,00	5,00	7,00	1,00	C1	Ensino
C1	C3	+	5	C2	0,20	1,00	3,00	3,00	0,33	C2	Qualidade
C1	C4	+	7	C3	0,20	0,33	1,00	3,00	0,50	C3	Características de uso
C1	C5	=	1	C4	0,14	0,33	0,33	1,00	0,20	C4	Dimensões da bancada
C2	C3	+	3	C5	1,00	3,00	2,00	5,00	1,00	C5	Requisitos operacionais
C2	C4	+	3	Soma	2,54	9,67	11,33	19,00	3,03	Legenda dos Critérios	
C2	C5	-	3		C1	C2	C3	C4	C5	Pesos	Todos as categorias são resultados de outras análises AHP feitas anteriormente, em cada critério (categoria) desta planilha foram aplicados seus subcritérios particulares.
C3	C4	+	3	C1	0,39	0,52	0,44	0,37	0,33	0,410	
C3	C5	-	2	C2	0,08	0,10	0,26	0,16	0,11	0,143	
C4	C5	-	5	C3	0,08	0,03	0,09	0,16	0,16	0,105	
				C4	0,06	0,03	0,03	0,05	0,07	0,048	
				C5	0,39	0,31	0,18	0,26	0,33	0,295	
Valor	Definição	Explicação		Avaliação Consistência							
1	Importância igual	Contribuição idêntica das alternativas ou critérios		MH(s)	5,169						
3	Importância Fraca	Julgamento levemente superior para uma alternativa ou critério		N	5,00000						
5	Importância Forte	Julgamento fortemente a favor de uma alternativa ou critério		ICH	0,05080						
7	Importância Muito Forte	Dominância reconhecida de uma alternativa ou critério		HRI	1,0610						
9	Importância absoluta	Dominância comprovada de uma alternativa ou critério		RC	0,0479						
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Situação intermediária em relação as expostas acima		RC _{Máx.}	0,10						

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 17 - AHP: Ensino

Objetivo do Produto: Ser uma bancada didática de ensino sobre indústria 4.0, para graduandos dos cursos de Engenharias.

AHP(1)-ENSINO			
Critérios/Alternativas		Importância (+, =, -)	Valor
C1	C2	-	5
C1	C3	-	2
C2	C3	+	5

	C1	C2	C3	
C1	1,00	0,20	0,50	
C2	5,00	1,00	5,00	
C3	2,00	0,20	1,00	
Soma	8,00	1,40	6,50	

Valor	Definição	Explicação
1	Importância igual	Contribuição idêntica das alternativas ou critérios
3	Importância Fraca	Julgamento levemente superior para uma alternativa ou critério
5	Importância Forte	Julgamento fortemente a favor de uma alternativa ou critério
7	Importância Muito Forte	Dominância reconhecida de uma alternativa ou critério
9	Importância absoluta	Dominância comprovada de uma alternativa ou critério
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Situação intermediária em relação as expostas acima

	C1	C2	C3	Pesos
C1	0,13	0,14	0,08	0,115
C2	0,63	0,71	0,77	0,703
C3	0,25	0,14	0,15	0,182

Avaliação Consistência	
MH(s)	3,021
N	3,00000
ICH	0,01383
HRI	0,5500
RC	0,0251
RC _{Máx.}	0,05

Descrição dos Critérios	
C1	Facilidade de ensino
C2	Conectividade com outras plataformas
C3	Exatidão de resultados

Legenda dos Critérios	
Facilidade de ensino:	O quão descomplicado (a nível de engenharia) o assunto (i 4.0) deve ser abordado, utilizando componentes e metodos atualizados.
Conectividade com outras plataformas:	É o fato da bancada e seu sistema ter conexão com outros equipamentos como CNC, corte laser, impressão 3D, outras bancadas e etc.
Exatidão de resultados:	É o quão preciso resultado estipulado pelo virtual é alcançado no mundo real.

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 18 - AHP: Qualidade

Objetivo do Produto: Ser uma bancada didática de ensino sobre indústria 4.0, para graduandos dos cursos de Engenharias.

AHP(2)-QUALIDADE								
Critérios/Alternativas	Importância (+, =, -)	Valor	C1	C2	C3	C4		
C1	C2	-	9	1,00	0,11	0,14	0,11	
C1	C3	-	7	9,00	1,00	5,00	1,00	
C1	C4	-	9	7,00	0,20	1,00	0,25	
C2	C3	+	5	9,00	1,00	4,00	1,00	
C2	C4	=	1	Soma	26,0	2,3	10,1	2,4
C3	C4	-	4					
Valor	Definição	Explicação	C1	C2	C3	C4	Pesos	
1	Importância igual	Contribuição idêntica das alternativas ou critérios	0,04	0,05	0,01	0,05	0,04	
3	Importância Fraca	Julgamento levemente superior para uma alternativa ou critério	0,35	0,43	0,49	0,42	0,42	
5	Importância Forte	Julgamento fortemente a favor de uma alternativa ou critério	0,27	0,09	0,10	0,11	0,14	
7	Importância Muito Forte	Dominância reconhecida de uma alternativa ou critério	0,35	0,43	0,39	0,42	0,40	
9	Importância absoluta	Dominância comprovada de uma alternativa ou critério	Avaliação Consistência					
-2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Situação intermediária em relação as expostas acima	MH(s)	4,027				
			N	4,00000				
			ICH	0,01128				
			HRI	0,8590				
			RC	0,0131				
			RC _{Máx.}	0,08				

Descrição dos Critérios	
C1	Material da mesa
C2	Conexão
C3	Módulos
C4	Computador

Legenda dos Critérios	
Material da mesa:	Em aspecto de qualidade de durabilidade, por exemplo, caso a mesa ser feita de acrílico ou madeira, qual padrão de qualidade seria apropriado.
Conexão:	Velocidade e instabilidade de conexão de rede e/ou com os outros equipamentos em geral como computador com módulos, computadores e máquinas e etc.
Módulos:	Durabilidade, especificações gerais (marcas e etc.)
Computador:	Velocidade de processamento, durabilidade, placas on-board e off-board.

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 19 - AHP: Características de uso

Objetivo do Produto: Ser uma bancada didática de ensino sobre indústria 4.0, para graduandos dos cursos de Engenharias.										
AHP(3)-Características de Uso										
Critérios/Alternativas		Importância (+, =, -)	Valor			C1	C2	C3		Descrição dos Critérios
C1	C2	+	7			1,00	7,00	3,00		C1 Segurança
C1	C3	+	3			0,14	1,00	0,33		C2 Ergonomia
C2	C3	-	3			0,33	3,00	1,00		C3 Interdependência
						Soma	1,48	11,00	4,33	
Valor	Definição	Explicação								Legenda dos Critérios
1	Importância igual	Contribuição idêntica das alternativas ou critérios				C1	0,68	0,64	0,69	Segurança: Segurança para que os operadores não se firam durante o uso da bancada. (choques, cantos vivos, EPIs e etc.)
3	Importância Fraca	Julgamento levemente superior para uma alternativa ou critério				C2	0,10	0,09	0,08	
5	Importância Forte	Julgamento fortemente a favor de uma alternativa ou critério				C3	0,23	0,27	0,23	
7	Importância Muito Forte	Dominância reconhecida de uma alternativa ou critério				Avaliação Consistência				Ergonomia: Regras para que seja confortável e adequado o trabalho durante um determinador período de uso. (atenção a movimentos repetitivos e ficar em pé)
9	Importância absoluta	Dominância comprovada de uma alternativa ou critério				MH(s)	3,003			
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Situação intermediária em relação as expostas acima				N	3,00000			
						ICH	0,00181			
						HRI	0,5500			
						RC	0,0033			Interdependência: Usuário fornecer parâmetros para coisas ligadas entre si por uma recíproca dependência, em virtude da qual realizam as mesmas finalidades pelo auxílio mútuo. (Como o digital e físico na na depedência de parâmetros)
						RC_{Máx.}	0,05			

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 20 - AHP: Dimensões da bancada

Objetivo do Produto: Ser uma bancada didática de ensino sobre indústria 4.0, para graduandos dos cursos de Engenharias.

AHP(4)-Dimensões da bancada										
Critérios/Alternativas		Importância (+, =, -)	Valor		C1	C2	C3	Descrição dos Critérios		
C1	C2	+	5		C1	1,00	5,00	5,00	C1 Lousa	
C1	C3	+	5		C2	0,20	1,00	0,50	C2 Mesa	
C2	C3	-	2		C3	0,20	2,00	1,00	C3 Monitor	
					Soma	1,40	8,00	6,50		
Valor	Definição	Explicação				C1	C2	C3	Pesos	Legenda dos Critérios
1	Importância igual	Contribuição idêntica das alternativas ou critérios			C1	0,71	0,63	0,77	0,703	Lousa: Área magnética na qual irão ser fixados os módulos. (obs.: ainda não se sabe a quantidade de módulos que seria plausível de uso convencional)
3	Importância Fraca	Julgamento levemente superior para uma alternativa ou critério			C2	0,14	0,13	0,08	0,115	
5	Importância Forte	Julgamento fortemente a favor de uma alternativa ou critério			C3	0,14	0,25	0,15	0,182	Mesa: Área de trabalho onde ficarão os monitores e demais componentes de estudos.
7	Importância Muito Forte	Dominância reconhecida de uma alternativa ou critério			Avaliação Consistência					
9	Importância absoluta	Dominância comprovada de uma alternativa ou critério			MH(s)	3,021				
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Situação intermediária em relação as expostas acima			N	3,00000				
					ICH	0,01383				
					HRI	0,5500				
					RC	0,0251				
					RC _{Máx.}	0,05				
										Monitor: Componente no qual irá ser utilizado pelos usuários para acompanhar seu projeto, fazer ajustes, programações e etc.

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 21 - AHP: Requisitos Operacionais

Objetivo do Produto: Ser uma bancada didática de ensino sobre indústria 4.0, para graduandos dos cursos de Engenharias.

AHP(5)-Requisitos Operacionais					
Critérios/Alternativas		Importância (+, =, -)	Valor		
C1	C2	-	3		
C1	C3	-	9		
C1	C4	-	9		
C2	C3	-	5		
C2	C4	-	9		
C3	C4	=	1		
Valor	Definição	Explicação			
1	Importância igual	Contribuição idêntica das alternativas ou critérios			
3	Importância Fraca	Julgamento levemente superior para uma alternativa ou critério			
5	Importância Forte	Julgamento fortemente a favor de uma alternativa ou critério			
7	Importância Muito Forte	Dominância reconhecida de uma alternativa ou critério			
9	Importância absoluta	Dominância comprovada de uma alternativa ou critério			
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Situação intermediária em relação as expostas acima			
				C1	C2
				C1	1,00
				C2	0,33
				C3	0,11
				C4	0,11
				C1	3,00
				C2	1,00
				C3	0,20
				C4	0,11
				C1	9,00
				C2	5,00
				C3	1,00
				C4	1,00
				Soma	22,0
					15,3
					2,3
					2,2
				C1	C2
				C1	0,05
				C2	0,02
				C3	0,05
				C4	0,05
				Pesos	0,04
				C1	0,14
				C2	0,07
				C3	0,09
				C4	0,05
					0,08
				C1	0,41
				C2	0,33
				C3	0,43
				C4	0,45
					0,40
				C1	0,41
				C2	0,59
				C3	0,43
				C4	0,45
					0,47
				Avaliação Consistência	
				MH(s)	4,027
				N	4,00000
				ICH	0,01113
				HRI	0,8590
				RC	0,0130
				RC _{Máx.}	0,08
				Descrição dos Critérios	
				C1	Simule Erros
				C2	Produza algo "Palpável"
				C3	Máquina com decisões autônomas
				C4	Gêmeo Virtual
				Legenda dos Critérios	
				Simule Erros: O sistema simular um erro e dar as características para o usuário.	
				Produza algo "Palpável": Que o processo da operação gere algo palpável ao usuário. (Chaveiro, Mancal ou algo simbólico)	
				Máquina com decisões autônomas: Que após a parametrização, a máquina possa fazer escolhas como: reduzir o tempo de produção, otimizar o sistema.. algo do gênero.	
				Gêmeo Virtual: É a cópia fiel e virtual do sistema físico.	

Fonte: Autoria própria (2022)

A partir de então, foi possível constatar que o critério se destaca com suas prioridades em comparação aos critérios como Características de Uso, Dimensões da Bancada, Qualidade, é o critério Ensino e seus requisitos (Figura 20). Sendo esses reconhecidos como primordiais no desenvolvimento da bancada didática e produtos para o fim a que se destinam como objetivo o ensino sobre indústria 4.0.

Através dos métodos de *brainstorming* e *check list*, levanta-se os seguintes requisitos do produto:

- Ajuste de Altura da mesa;
- Didática Descomplicada;
- Ampla área de trabalho na lousa;
- Monitor de tamanho amplo;
- Rede industrial;
- Bancada móvel no ambiente;
- Inclinação da Lousa;
- Conexão c/ outras bancadas;
- Mesa em MDF e Acrílico;
- Acesso a tutoriais;
- Botão de emergência;
- Interdisciplinar;
- Treinamento atualizado.
- Modularidade;
- *Hardwares* de potência suficiente;
- Ampla área de trabalho na mesa;
- Módulos de boa qualidade;
- Segurança de dados;
- Software de simulação virtual;
- Fonte reguladora (T/A) da lousa;
- *Nobreak*/estabilizador sistema;
- Análise em tempo real;
- Monitorar resultados a distância;
- Atendimento a NR-12;
- *Softwares* atualizados;

A análise hierárquica feita auxiliou a avaliar a relação entre os requisitos dos clientes e os requisitos do produto, e obteve-se os seguintes valores (Figura 22);

O resultado de faixa de valores meta das especificações está disposto no Quadro 5. Descreve-se os pré-requisitos para cada especificação de requisito do produto.

Quadro 5 - Especificações-meta

Especificações	Faixa de valores meta
Ajuste de altura da mesa	0,8 [mt] ~ 1,2 [mt]
Modularidade	Fixação magnética
Didática descomplicada	Online e Presencial
Hardwares de potência suficiente	Workstation
Ampla área de trabalho na lousa	2 metros x 1,5 metros.
Ampla área de trabalho na mesa	2 metros x 1,5 metros.
Monitor de tamanho amplo	29" Ultrawide.
Módulos de boa qualidade	Reymaster/ Schneider/ Siemens.
Rede industrial	Profinet e/ou Sistemas I/O Link.
Segurança de dados	Segurança de rede WLAN e VPN.
Bancada móvel no ambiente	Rodas Ø 50 [mm] com travas.
Software de simulação virtual	Modelagem 3D, Programação, Parametrização.
Inclinação da Lousa	Entre 80° a 90° em relação a mesa
Fonte reguladora (T/A) da lousa	3 [V] a 220 [V]; 0,5 [A] a 10 [A].
Conexão c/ outras bancadas	Remote Play, Conexão com outros tipos de softwares.
Nobreak Senoidal Pura	3.2 [Kva], Entrada 115/220 [V]
Material da Mesa	MDF interno, Acrílico Superficial
Análise em tempo real	Aplicativos de web (Cloud)
Acesso a tutoriais	Moodle/Youtube
Monitorar resultados a distância	Aplicativos específicos

Botão de emergência	1 [UN] física e remoto
Interdisciplinar	Eng.Computação/Mecânica/Elétrica/Produção
Softwares atualizados	Análise anual

Fonte: Autoria própria (2022)

Com a Análise e classificação dos requisitos do produto feitas e com as especificações meta definidas, obteve-se os resultados da hierarquização dos requisitos do produto (Figura 23), seguido do resultado de modelagem funcional. Como é possível observar abaixo:

Figura 23 - Hierarquização dos requisitos do produto

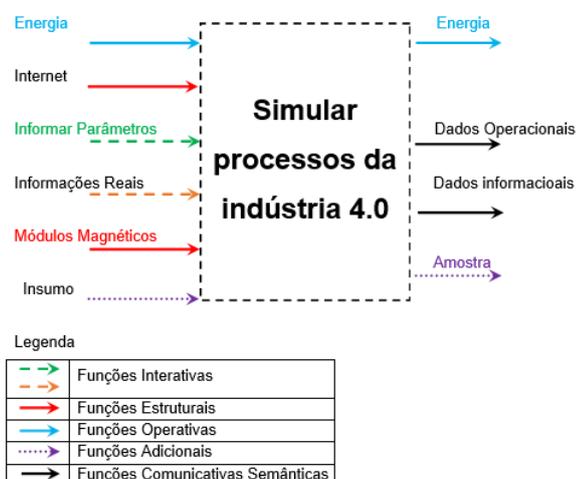
Importância Técnica	Metas (Valores Objetivo)																										
	Absoluto	28	119	60	274	62	59	74	280	182	205	68	276	63	12	233	98	48	293	38	172	60	147	146	94	106	
Relativo	0,88	3,72	1,88	8,57	1,94	1,85	2,31	8,76	5,69	6,41	2,13	8,63	1,97	0,38	7,29	3,07	1,5	9,16	1,19	5,38	1,88	4,6	4,57	2,94	3,32		

Fonte: Autoria própria (2022)

4.2.1 Modelagem Funcional

A Modelagem funcional é o nome dado para a atividade de desenvolver modelos de produtos baseados nas suas funcionalidades (GIORIA, 2016). Já a modelagem global da funcionalidade do produto (Figura 24) desenvolvido no respetivo trabalho, tem a finalidade de propor um modelo que contemple o produto de forma integral.

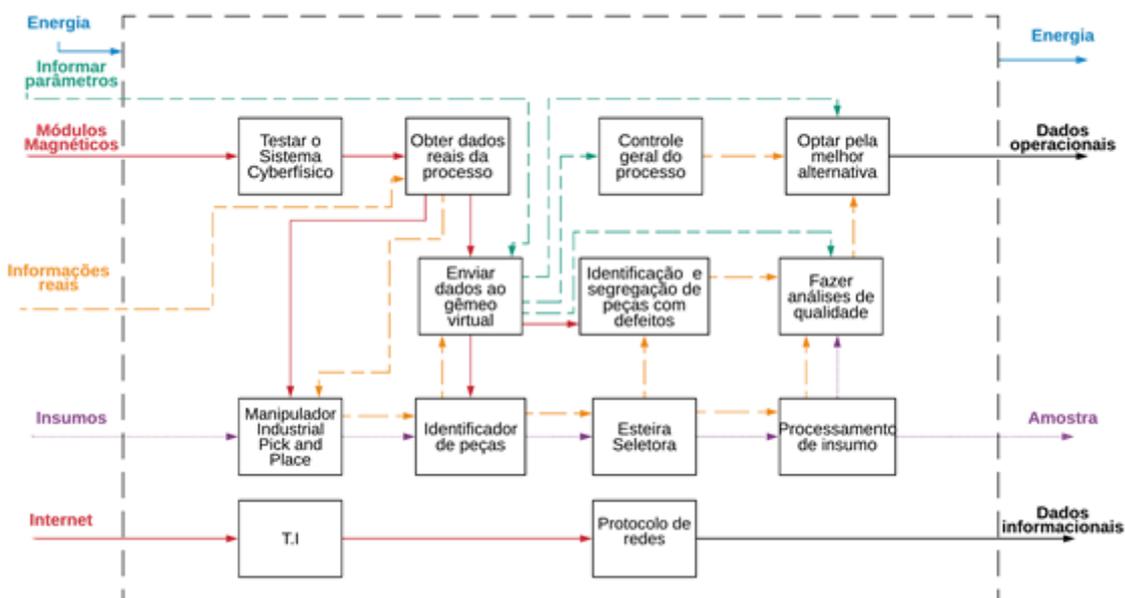
Figura 24 - Modelagem Global



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 27 é um desdobramento da modelagem global, tendo a finalidade de ser mais detalhada no aspecto geral do produto. Porém, como o produto poderá funcionar de diversos aspectos, foi feito o desdobramento de um aspecto de trabalho em esteira de fabricação aplicado ao conceito do trabalho.

Figura 25 - Desdobramento da modelagem global



Fonte: Autoria própria (2022)

4.2.2 Princípios de Solução e Matriz Morfológica

O desenvolver de princípios de solução para as funções especificadas anteriormente, na Figura 30, tem como função passar da teoria abstrata para com uma base concreta. Sendo assim, para funções da modelagem global do sistema funcional escolhido são atribuídas uma ou mais soluções. Segue abaixo as funções e princípios de solução:

Função 1: testar sistemas cyberfísicos.

- Efeito físico: testar fisicamente os módulos magnéticos para suas funções pré-determinadas (Sensores, Controladores, Programadores e/ou Reguladores), captando dados em tempo real e/ou cumprindo sua função quando solicitado.
- Princípio de solução 1 (TSC1): criar protocolos de verificação de sistema como *check-in* com ferramentas de qualidade como a ferramenta fluxograma.
- Princípio de solução 2 (TSC2): análise instantânea de conexão de módulo com replicação imediata ao gêmeo virtual, de acordo com identificação por código dos módulos.

Função 2: manipulador industrial *Pick and Place*.

- Efeito físico: realizar a alimentação de insumos, peças e/ou componentes no processo. Fazer a alimentação de um estoque até a esteira da planta didática.
- Princípio de solução 1 (MIPP1): controle pneumático para alimentação de insumos no processo.
- Princípio de solução 2 (MIPP2): controle elétrico para alimentação de insumos no processo.

Função 3: identificador de peças.

- Efeito físico: ter uma forma de rastreabilidade da peça e lote.
- Princípio de solução 1 (IP1): instalação de código de barras nas peças.

- Princípio de solução 2 (IP2): Instalação de QR CODE nas peças.
- Princípio de solução 3 (IP3): instalação de etiquetas RFID nas peças.

Função 4: esteira seletora.

- Físico: segregar as peças que serão seriadas no padrão comercial para um determinado local, e as peças customizadas para outro local pré-determinado.
- Princípio de solução 1 (ES1): esteira com acionamento pneumático com leitor de RFID para, através da rede industrial, confrontar com sistema ERP.
- Princípio de solução 2 (ES2): esteiras em separados para distribuição inicial.

Função 5: processamento de insumos.

- Efeito físico: customizar um produto físico seriado de acordo com o pedido do cliente.
- Princípio de solução 1 (PI1): sistema de gravação a laser para formas e desenhos; feitos com uma prévia programação.

Função 6: separação de peças.

- Efeito físico: encaminhar peças para seu destino sequencial.
- Princípio de solução 1 (SP1): sensores localizados na esteira.
- Princípio de solução 2 (SP2): informações obtidas de outro processo ou estação de trabalho da planta.

Função 7: identificação de peças com defeitos.

- Efeito físico: Avaliar em diferentes etapas do processo de qualidade peças com defeitos.
- Princípio de solução 1 (IPD1): sinal visual com LEDs pré-formatados para esta função.
- Princípio de solução 2 (IPD2): sinal sonoro através de *Andons* nas estações de observação para acionamento instantâneo ao encontro de defeitos.

Função 8: segregação de peças com defeitos.

- Efeito físico: peças identificadas como defeituosas pelo IPD, devem ser segregadas.
- Princípio de solução 1 (SPD1): caixa boca de lobo na parte inferior da esteira para queda com auxílio da gravidade.
- Princípio de solução 2 (SPD2): guia lineares na posição da esteira para direcionamento transversal a caixa boca de lobo.

Função 9: informação da qualidade em tempo real.

- Efeito físico: ler as peças segregadas e emitir um sinal para emissão de KPIs.
- Princípio de solução 1 (IQTR1): gráficos dinâmicos no monitor, alerta de qualidade disparado aos interessados.
- Princípio de solução 2 (IQTR2): emissão de relatórios saindo de impressora na unidade responsável.

Função 10: controle geral.

- Efeito físico: Controlar todo o processo de manufatura e robotização.
- Princípio de solução 1 (CG1): Placas de Arduino e Comando Lógicos Programados, com lógica de programação já existente.
- Princípio de solução 2 (CG2): CLPs com lógicas de programação pré-definidas.

Função 11: T.I (tecnologia da informação).

- Efeito físico: alocar em um só lugar a estrutura de tecnologia de informação.
- Princípio de solução 1 (TI1): consolidar na bancada um *rack* (armário) de TI para abrigar os equipamentos necessários.
- Princípio de solução 2 (TI2): computadores, *modems* e demais equipamentos deslocados.

Função 12: protocolo de redes.

- Efeito físico: trocar informações dos CLP's, sensores e atuadores de forma rápida e segura.
- Princípio de solução 1 (PR1): protocolo Profibus.
- Princípio de solução 2 (PR2): protocolo OPC.
- Princípio de solução 3 (PR3): protocolo ETHERNET.

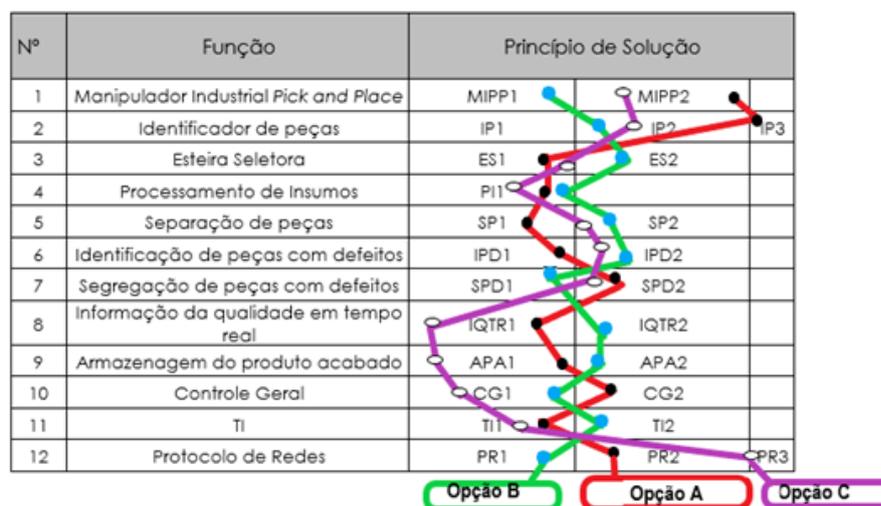
Com as funções e princípios de solução bem definidos, os resultados das alternativas de solução para o produto foram as presentes na Figura 26 e na matriz morfológica Figura 27.

Figura 26 - Tabela de Princípios de Solução

Nº	Função	Princípio de Solução		
1	Manipulador Industrial <i>Pick and Place</i>	MIPP1	MIPP2	
2	Identificador de peças	IP1	IP2	IP3
3	Esteira Seletora	ES1	ES2	
4	Processamento de Insumos	PI1		
5	Separação de peças	SP1	SP2	
6	Identificação de peças com defeitos	IPD1	IPD2	
7	Segregação de peças com defeitos	SPD1	SPD2	
8	Informação da qualidade em tempo real	IQTR1	IQTR2	
9	Armazenagem do produto acabado	APA1	APA2	
10	Controle Geral	CG1	CG2	
11	TI	TI1	TI2	
12	Protocolo de Redes	PR1	PR2	PR3

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 27 - Matriz Morfológica



Fonte: Autoria própria (2022)

As três opções que foram originadas da matriz morfológica foram denominadas de: A, B e C.

Na opção A: Inicia-se com a utilização de um manipulador elétrico que, por além de ter características de força e velocidade que também é usual no pneumático, pode gerar maior precisão e variedade de movimentos, passando pelo identificar via RFID por ser um dos pilares da Indústria 4.0, passando por esteira interligada com o ERP, com direcionamento à customização se assim for o caso. A sinalização de peças defeituosas é através do tato visual de *leds* nas estações, e a segregação dessas não conformes se dá por guias lineares trasladando o movimento da esteira até a caixa boca de lobo. Os informativos instantâneos de qualidade se dão através do monitoramento *online* e digital nos monitores, reduzindo a emissão de papel.

O armazenamento no fim de linha é feito com robô colaborativo e AGV para o transporte. O controle se dá por CLP a fim de trazer a realidade da indústria mais próxima a do laboratório.

Já a infraestrutura de TI fica alocada em toda bancada, e no seu perímetro. O protocolo de rede para além da saída transmissão de dados, visa garantir a segurança e privacidade das informações; o protocolo OPC

Na opção B: muda-se para os demais princípios de solução que não atendem em totalidade os pilares da I4.0 e/ou não são os melhores disponíveis, tais como identificador de peças via QR CODE, e protocolo de rede PROFIBUS.

Já a terceira opção, a C, além da mescla das A e B, traz um identificador via código de barras que tem forte tendência de saída e o protocolo ethernet que apesar de muito usual ainda, já é antigo.

4.2.3 Definição de Arquitetura e Identificação de SSC

Na definição de arquitetura e identificação dos SSC's (sistemas, subsistemas e componentes), obteve-se os seguintes resultados:

Opção A:

S1- BANCADA

SS1 - Lousa

C1 - Chapa retangular magnética

C2 - Perfil tubular retangular de aluminio

C3 -Posicionador de Altura estilo esfera com mola

SS2 - Mesa

C1 -Chapa de MDF/compensado

C2 -Perfil tubular retangular de aluminio

C3 Posicionador de Altura estilo esfera com mola

C4 -Rodas de silicone

S2- MANIPULADOR INDUSTRIAL

SS1 - Motriz

C1 – Fios

C2- Tomada 110/220v

SS2 - Estrutura

C1 – Garra em PLA 3D

C2 – Atuador de aluminio

Base aço 1020

S3- ESTEIRA SELETORA

SS1 - Motriz

C1 – Motor Elétrico

SS2 - Automação**C1 – Sensor Indutivo****C2 – Sensores fotoelétricos****C3 - Sensores Capacitivos****SS3 – Mesa transportadora****C1 – chapa de matriz polimérica****S4- SISTEMA DE COSTUMIZAÇÃO****SS1 – Máquina a laser****C1 – berço de fixação da peça****S5- IDENTIFICAÇÃO DE PÇAS COM DEFEITOS****SS1 – Visual****C1 – LEDs****S6 - SEGREGAÇÃO DE PEÇAS****SS1 – Mecanismo de direcionamento****C1 – Guias Lineares****C2 - Roletes****SS1 – Acondicionamento de peças****C1 – Caixa boca de lobo****S7- ARAMAZENAGEM****SS1 – Pega da peça****C1 – Robô Colaborativo****SS1 – Transporte****C1 – AGV****Opção B:****S1- BANCADA****SS1 - Lousa****C1 - Chapa retangular magnética****C2 - Perfil tubular retangular de aluminio**

C3 -Posicionador de Altura estilo esfera com mola

SS2 - Mesa

C1 -Chapa de MDF/compensado

C2 -Perfil tubular retangular de aluminio

C3 Posicionador de Altura estilo esfera com mola

C4 -Rodas de silicone

S2- MANIPULADOR INDUSTRIAL

SS1 - Motriz

C1 – Mangueiras penumáticas

C2- Compressor

SS2 - Estrutura

C1 – Garra em PLA 3D

C2 – Atuador de aluminio

Base aço 1020

S3- ESTEIRA SELETORA

SS1 - Motriz

C1 – Motor Elétrico

SS2 - Automação

C1 – Sensor Indutivo

C2 – Sensores fotoelétricos

C3 - Sensores Capacitivos

SS3 – Mesa transportadora

C1 – Roletes

S4- SISTEMA DE COSTUMIZAÇÃO

SS1 – Máquina a laser

C1 – Berço de fixação da peça

S5- IDENTIFICAÇÃO DE PEÇAS COM DEFEITOS

SS1 – Sonoro

C1 – Ferramenta Andons

S6 - SEGREGAÇÃO DE PEÇAS

SS1 – Mecanismo de direcionamento

C1 – Pistão basculante

C2 – pino stopper

SS1 – Acondicionamento de peças

C1 – Caixa boca de lobo

S7- ARMAZENAGEM

SS1 – Pega da peça

C1 – Robô Colaborativo

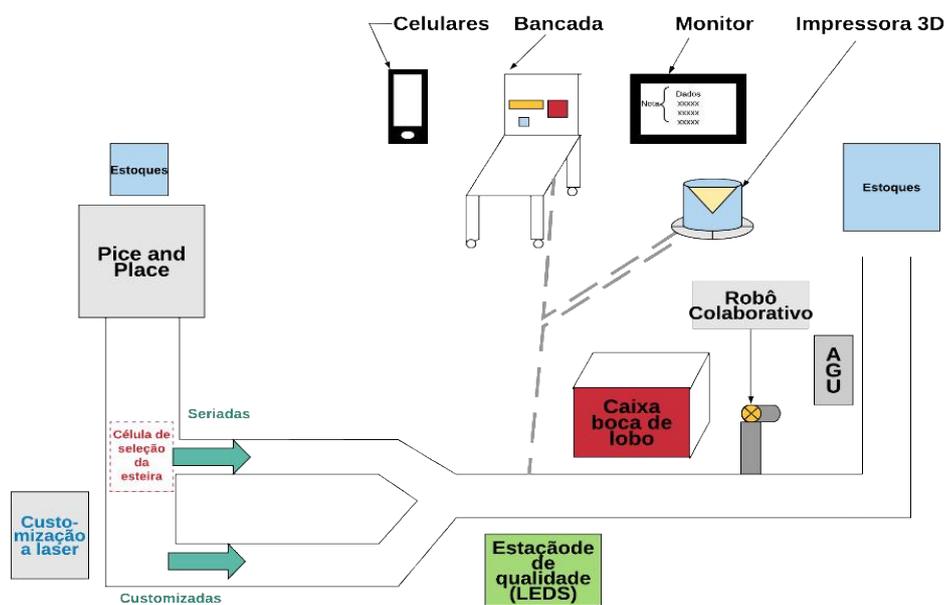
SS1 – Transporte

C1 – elevadores e esteiras

4.2.4 Integração de Sistemas e Parâmetros da Bancada

A integração entre os SSC's seria de acordo com o diagrama da Figura 27. As opções A e B seriam o mesmo modelo de desenho apresentado na Figura 28, alterando algumas funcionalidades e parâmetros de operação.

Figura 28 - Diagrama de integração de sistemas



Fonte: Autoria própria (2022)

Cada conjunto de componentes selecionado na matriz morfológica tem características específicas que tornam os conjuntos distintos. Apesar de existirem componentes em comum a arquitetura, complexidade, operação, custo, fornecedores e fabricação assumem características diferentes.

No âmbito dos parâmetros principais, são definidas as principais características do produto em termos qualitativos e quantitativos, ou seja, aspectos como dimensões e materiais utilizados são delineados. Os parâmetros principais foram escolhidos com base nas especificações meta estabelecidos na fase inicial do projeto. Como produto aqui pesquisado é modular, existem diversas aplicações. Define-se os parâmetros para a bancada em si, e não para o exemplo produtivo da linha que se realiza a simulação. A bancada deverá ter dimensões próximas de 1,5 x 2,0 para a mesa e a lousa, altura da mesa com regulagem entre 0,8[m]~1,0[m], fabricada em alumínio, e lousa magnética.

Componentes eletrônicos de rede e automação constituem a parte lógica da bancada.

No quesito ergonomia, o equipamento pode ser operado sentado e de pé. Para a operação, sentado utiliza-se uma interface homem máquina (IHM) móvel a fim de comandar os componentes magnetizados na lousa. Porém, a necessidade de ficar em pé é por um tempo mínimo, o que não causará a exaustão.

Na confecção da bancada pensando na acessibilidade, foi arquitetada com posicionadores para regulagem de altura, atendendo assim à comodidade dos mais variados biótipos humanos. Todas as partes de fiação dos componentes ficam em eletrocalhas fixadas na parte traseira da lousa, afetando esteticamente e não deixando um “emaranhado” de fios aparentes.

A banca não deverá possuir cantos vivos e tem o sistema de movimentação com rodas com travas em cada um dos seus 4 pilares de sustentação. Assim como, ligas de alumínio são empregadas na concepção estrutural para além de tornar a bancada mais leve, mostre também uma boa aparência e robustez.

4.2.5 Modelo de fabricação e Concepção do Produto

Para o desenvolvimento e fabricação, é de grande valia parcerias com fornecedores que tenham um *Know-How* na área. Isso, fim de mostrar opções variadas de soluções.

Nesta etapa de pesquisa, buscou-se empresas revendedora de componentes, haja visto que não se tem, no momento, a possibilidade de compra direto ao fabricante, pode-se citar a empresa Reymaster, atuante na cidade de Curitiba-PR.

Posteriormente, há necessidade de outras empresas de diferentes segmentos como: 1) empresas fabricantes de esteira e derivados; 2) motores elétrico e componentes de acionamento; e 3) elementos de máquinas mecânicos e eletrônicos.

Na concepção final do produto, para a escolha de qual opção da matriz de decisão (Figura 29) atende melhor às necessidades de operação do equipamento, será utilizada uma matriz de decisão com o respectivo peso para cada item analisado.

Os itens considerados dispostos e os respectivos pesos da tabela foram estipulados após análise das planilhas AHP.

Figura 29 - Matriz de decisão

Matriz de decisão							
Critério	Peso	Opção A		Opção B (Referência)		Opção C	
Ergonomia	1	0	0	0	0	0	0
Interdependência	3	1	3	0	0	0	0
Qualidade de itens sistema	4	0	0	0	0	0	0
Precisão nos resultados	3	0	0	0	0	0	0
Conectividade com outros sistemas	5	0	0	0	0	1	5
Didática de ensino	5	0	0	0	0	0	0
Modularidade de componentes	4	1	4	0	0	-1	-4
Atendimento as premissas da I 4.0	5	1	5	0	0	0	0
		Total	12	Total	0	Total	1

Fonte: Autoria própria (2022)

De acordo com a matriz de decisão apresentada acima, a melhor opção de escolha será a opção A, apresentada na Figura 27, pois atenderá melhor as premissas do projeto. Na qual seria a bancada que se destaca e de acordo com a matriz de decisão, melhor atenderia os critérios de atendimento às premissas da i4.0; conectividade com outros sistemas e didática de ensino

5 CONCLUSÕES

O tópico e os conceitos da Indústria 4.0 são cada vez mais discutidos e aplicados nos setores industriais. Entretanto, a didática não se desenvolve tão rápido quanto essa revolução; o que torna o profissional recém-formado obsoleto rapidamente se ele não buscar se capacitar.

Universidades de alguns países como África do Sul, Itália, Alemanha e Portugal já desenvolveram técnicas de didática e estão em etapas de aplicações. O que essas técnicas têm em comum é um estilo de aprendizagem mais prático e menos teórico. Isso, às vezes, acontece ao mesmo tempo que pequenas e médias empresas.

Com isso, é possível fundamentar a importância da adaptabilidade da atual forma de ensino para a forma de ensino que incluirá, como pressuposto, os parâmetros da Indústria 4.0. Além disso, é importante desenvolver a educação em relação ao desenvolvimento das empresas parceiras. Essa medida permite um desenvolvimento prático da formação muito mais próximo da prática que se desenvolve no cotidiano do setor.

A bancada tem aspectos críticos quanto ao seu funcionamento e patente encontrada não engloba diretamente o produto estudo em questão. Por ser um produto modular, em que deve atender uma variada gama de processos interligados, pode, em algum momento, faltar algum equipamento que não resolva aquela situação de imediato, sendo necessária uma inclusão a fim de atender alguma simulação.

Com as partes teóricas organizadas e com uma metodologia de decisão aplicada, foi possível atender às exigências básicas (analisar, classificar e hierarquizar os requisitos do produto) para fabricação da bancada didática; tendo um projeto conceitual e informacional bem consistente e com uma lista de materiais preliminares para a fabricação da bancada.

No que se refere a custos, tem-se a necessidade de um alto investimento inicial, já que a maioria dos componentes ligados a indústria 4.0 ainda tem um custo elevado, pois se trata de tecnológicas de ponta como, por exemplo, placas gráficas, transmissão de dados em rede 5G e/ou 6G, operantes de realidade virtual etc.

Ainda, o desempenho pode ser comprometido caso sejam utilizados componentes de qualidade inferior a recomendada no projeto, como, por exemplo, se a rede não tenha velocidade de dados compatível com à demanda, teoricamente a eficiência do sistema cairá drasticamente.

REFERÊNCIAS

- ABELE, E. et al. Learning factories for future oriented research and education in manufacturing. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 66, n. 2, p. 803–826, 2017.
- AIRES, R. W. DO A.; MOREIRA, F. K.; FREIRE, P. DE S. Indústria 4.0: Competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial. **VII Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação**, p. 1–15, 2017.
- Anderl, R., Picard, A., & Albrecht, K. *Smart Engineering for Smart Products*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30817-8_1, **LNPE**, pp. 1–10, 2013
- ANGRISANI, L. et al. Academic Fablab at University of Naples Federico II: New Research and Development Opportunities in the Fields of IoT and Industry 4.0. **2018 Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2018 - Proceedings**, p. 23–27, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12100**: Segurança de máquinas – Apreciação e redução de riscos. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14153**: Segurança de máquinas – Partes de Sistemas de Comando Relacionados à Segurança – Princípios Gerais para Projeto. Rio de Janeiro, 2013.
- BARRETO, FELIPE. **Importância da proteção de máquinas e projetos de segurança nas empresas**, 2011. Disponível em: www.rayflex.com.br/blog/nr12-importancia-da-protecao-de-maquinas/#:~:text=A%20prote%C3%A7%C3%A3o%20de%20m%C3%A1quinas%20tem,tarefas%20sem%20exposi%C3%A7%C3%A3o%20a%20riscos. Acesso em: 02 de março de 2022.
- CHONG, S. et al. Integration of 3D printing and industry 4.0 into engineering teaching. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 11, 2018.
- HERNANDEZ-DE-MENENDEZ, M. et al. Competencies for Industry 4.0. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 14, n. 4, p. 1511–1524, 2020.
- HERNANDEZ-DE-MENENDEZ, M.; ESCOBAR DÍAZ, C. A.; MORALES-MENENDEZ, R. Engineering education for smart 4.0 technology: a review. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 14, n. 3, p. 789–803, 2020.

LIMA, FRANCISCO R. J. Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores. **Teses.Usp.Br**, p. 150, 2013.

MONTENEGRO, G. Revista geometria gráfica. v. 1, p. 35–45, 2018.

PAGANI, R. N.; MAURICIO, L.; RESENDE, M. DE. Avanços na composição da Methodi Ordinatio para revisão sistemática de literatura. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 2, p. 161–187, 2018.

RF, S.; MC, M.; SAMPAIO, R. F. Systematic Review Studies: a Guide for Careful Synthesis of Scientific Evidence. **Rev. bras. fisioter**, v. 11, n. 1, p. 77–82, 2007.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977.

SALAH, B. et al. Integrating the concept of industry 4.0 by teaching methodology in industrial engineering curriculum. **Processes**, v. 8, n. 9, p. 0–16, 2020.

SANTOS, B. P. et al. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 13, 2018.

ANEXO A - Lei n. 9.610, de 19 de fevereiro de 1998



**Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos**

LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998¹.

Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Título I - Disposições Preliminares

Art. 1º Esta Lei regula os direitos autorais, entendendo-se sob esta denominação os direitos de autor e os que lhes são conexos.

Art. 2º Os estrangeiros domiciliados no exterior gozarão da proteção assegurada nos acordos, convenções e tratados em vigor no Brasil.

Parágrafo único. Aplica-se o disposto nesta Lei aos nacionais ou pessoas domiciliadas em país que assegure aos brasileiros ou pessoas domiciliadas no Brasil a reciprocidade na proteção aos direitos autorais ou equivalentes.

Art. 3º Os direitos autorais reputam-se, para os efeitos legais, bens móveis.

Art. 4º Interpretam-se restritivamente os negócios jurídicos sobre os direitos autorais.

Art. 5º Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I - publicação - o oferecimento de obra literária, artística ou científica ao conhecimento do público, com o consentimento do autor, ou de qualquer outro titular de direito de autor, por qualquer forma ou processo;

II - transmissão ou emissão - a difusão de sons ou de sons e imagens, por meio de ondas radioelétricas; sinais de satélite; fio, cabo ou outro condutor; meios óticos ou qualquer outro processo eletromagnético;

III - retransmissão - a emissão simultânea da transmissão de uma empresa por outra;

IV - distribuição - a colocação à disposição do público do original ou cópia de obras literárias, artísticas ou científicas, interpretações ou execuções fixadas e fonogramas, mediante a venda, locação ou qualquer outra forma de transferência de propriedade ou posse;

V - comunicação ao público - ato mediante o qual a obra é colocada ao alcance do público, por qualquer meio ou procedimento e que não consista na distribuição de exemplares;

VI - reprodução - a cópia de um ou vários exemplares de uma obra literária, artística ou científica ou de um fonograma, de qualquer forma tangível, incluindo qualquer armazenamento permanente ou temporário por meios eletrônicos ou qualquer outro meio de fixação que venha a ser desenvolvido;

VII - contrafação - a reprodução não autorizada;

VIII - obra:

a) em co-autoria - quando é criada em comum, por dois ou mais autores;

b) anônima - quando não se indica o nome do autor, por sua vontade ou por ser desconhecido;

c) pseudônima - quando o autor se oculta sob nome suposto;

d) inédita - a que não haja sido objeto de publicação;

e) póstuma - a que se publique após a morte do autor;

f) originária - a criação primígena;

g) derivada - a que, constituindo criação intelectual nova, resulta da transformação de obra originária;

h) coletiva - a criada por iniciativa, organização e responsabilidade de uma pessoa física ou jurídica, que a publica sob seu nome ou marca e que é constituída pela participação de diferentes autores, cujas contribuições se fundem numa criação autônoma;

i) audiovisual - a que resulta da fixação de imagens com ou sem som, que tenha a finalidade de criar, por meio de sua reprodução, a impressão de movimento, independentemente dos processos de sua captação, do suporte usado inicial ou posteriormente para fixá-lo, bem como dos meios utilizados para sua veiculação;

IX - fonograma - toda fixação de sons de uma execução ou interpretação ou de outros sons, ou de uma representação de sons que não seja uma fixação incluída em uma obra audiovisual;

X - editor - a pessoa física ou jurídica à qual se atribui o direito exclusivo de reprodução da obra e o dever de divulgá-la, nos limites previstos no contrato de edição;

XI - produtor - a pessoa física ou jurídica que toma a iniciativa e tem a responsabilidade econômica da primeira fixação do fonograma ou da obra audiovisual, qualquer que seja a natureza do suporte utilizado;

XII - radiodifusão - a transmissão sem fio, inclusive por satélites, de sons ou imagens e sons ou das representações desses, para recepção ao público e a transmissão de sinais codificados, quando os meios de decodificação sejam oferecidos ao público pelo organismo de radiodifusão ou com seu consentimento;

XIII - artistas intérpretes ou executantes - todos os atores, cantores, músicos, bailarinos ou outras pessoas que representem um papel, cantem, recitem, declamem, interpretem ou executem em qualquer forma obras literárias ou artísticas ou expressões do folclore.

Art. 6º Não serão de domínio da União, dos Estados, do Distrito Federal ou dos Municípios as obras por eles simplesmente subvencionadas.

¹ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19610.htm.