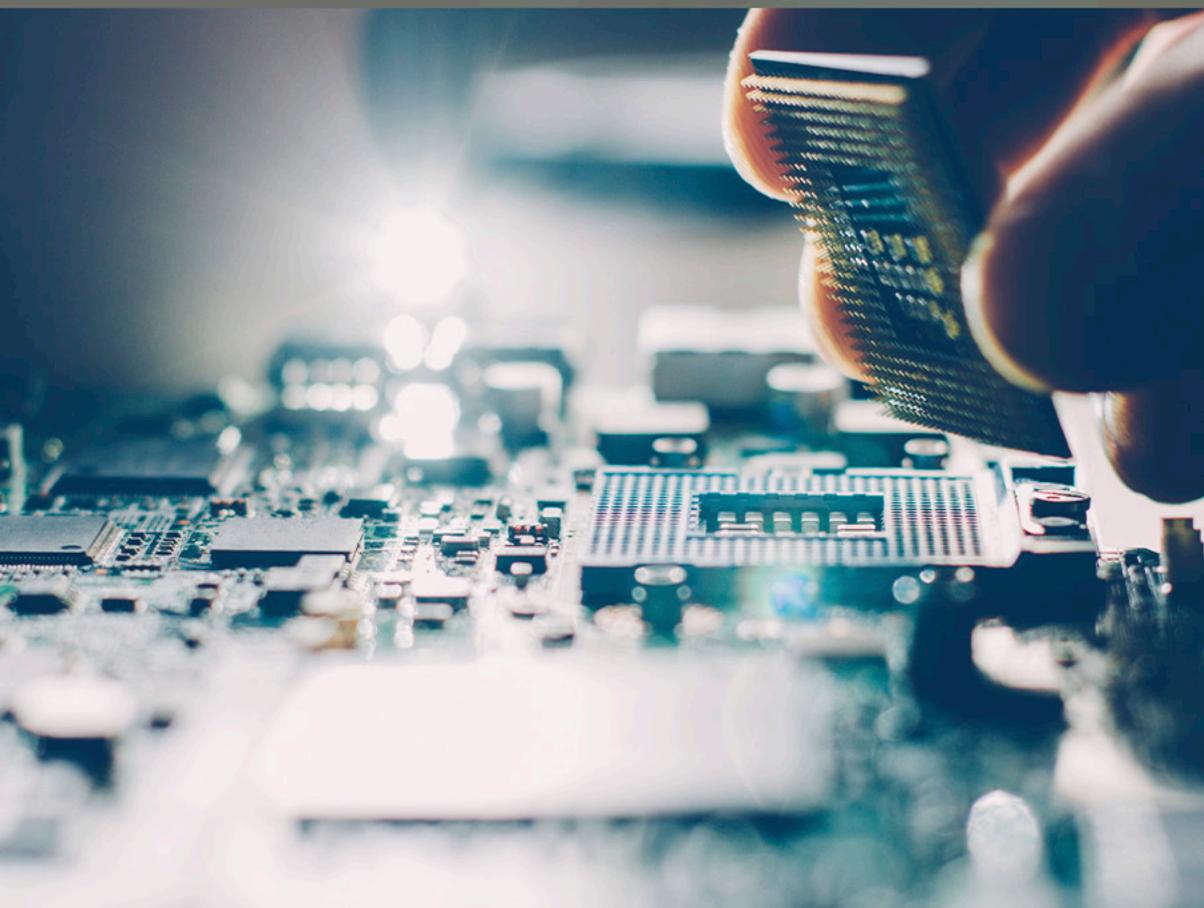


COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 3

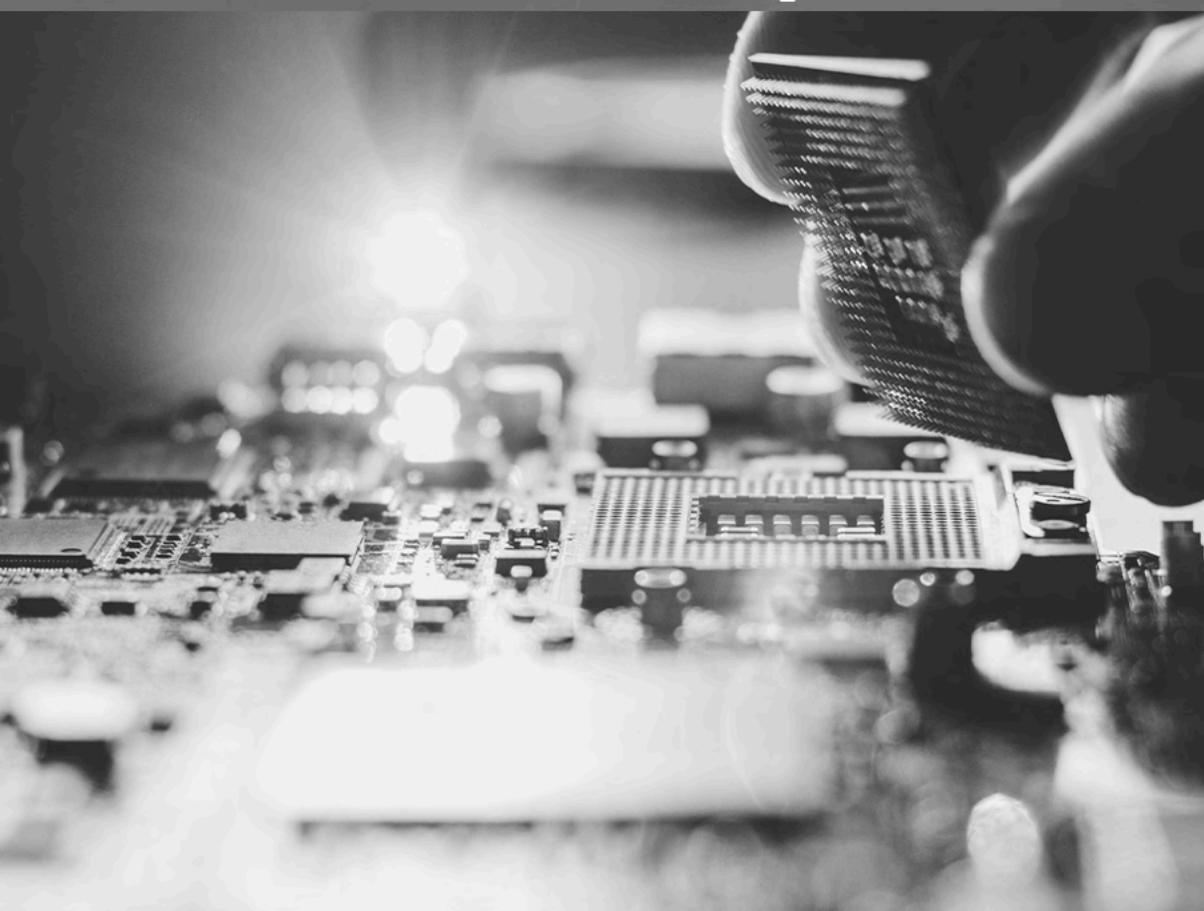


LILIAN COELHO DE FREITAS
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 3



LILIAN COELHO DE FREITAS
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Gabriel Motomu Teshima
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Lilian Coelho de Freitas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de computação 3 / Organizadora Lilian Coelho de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-619-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.192212911>

1. Engenharia de computação. I. Freitas, Lilian Coelho de (Organizadora). II. Título.

CDD 621.39

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A Atena Editora tem a honra de presentear o público em geral com a série de *e-books* intitulada “*Coleção desafios das engenharias: Engenharia de computação*”. Em seu terceiro volume, esta obra tem o objetivo de divulgar aplicações tecnológicas da Engenharia de Computação na resolução de problemas atuais, com o intuito de facilitar a difusão do conhecimento científico produzido em várias instituições de ensino e pesquisa do país.

Organizado em 20 capítulos, este volume apresenta temas como utilização de aprendizagem de máquina na avaliação de riscos de infecção por COVID-19; dispositivos automatizados para administração de remédios; comunicação científica apoiada por realidade aumentada; métodos de elementos finitos aplicados na análise de materiais para indústria aeronáutica; aplicações de processamento digital de imagens e de algoritmos genéticos; entre diversas outras aplicações da automação e do desenvolvimento de *software*, combinados para melhorar as atividades do nosso dia-a-dia.

Dessa forma, esta obra contribuirá para aprimoramento do conhecimento de seus leitores e servirá de base referencial para futuras investigações.

Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção deste trabalho.

Boa leitura.

Lilian Coelho de Freitas

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

EVALUATING THE RISK OF COVID-19 INFECTION BASED ON MACHINE LEARNING OF SYMPTOMS AND CONDITIONS VERSUS LABORATORY METHODS

Daniel Mário de Lima
João Henrique Gonçalves de Sá
Ramon Alfredo Moreno
Marina de Fátima de Sá Rebelo
José Eduardo Krieger
Marco Antonio Gutierrez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1922129111>

CAPÍTULO 2..... 16

DISPOSITIVO AUTOMATIZADO PARA ADMINISTRAÇÃO DE REMÉDIOS

João Roberto Silva Teixeira
Alessandro Mainardi de Oliveira
Ricardo Neves de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1922129112>

CAPÍTULO 3..... 22

INTEGRAÇÃO ENTRE DADOS TEXTUAIS DE PRONTUÁRIOS ELETRÔNICOS DO PACIENTE (PEPS) E TERMINOLOGIAS CLÍNICAS

Amanda Damasceno de Souza
Eduardo Ribeiro Felipe
Fernanda Farinelli
Jeanne Louize Emygdio
Lívia Marangon Duffles Teixeira
Maurício Barcellos Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1922129113>

CAPÍTULO 4..... 35

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF A ENRICHED MIXED FINITE ELEMENT METHOD WITH STATIC CONDENSATION FOR POISSON PROBLEMS

Ricardo Javier Hanco Ancori
Jose Diego Ayñayanque Pastor
Rómulo Walter Condori Bustincio
Eliseo Daniel Velasquez Condori
Roger Edwar Mestas Chávez
Fermín Flavio Mamani Condori
Jorge Lizardo Díaz Calle

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1922129114>

CAPÍTULO 5..... 45

COMPORTAMENTO DE PAREDE DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO: ANÁLISE NUMÉRICA

Jean Marie Désir

Luana Zanin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1922129115>

CAPÍTULO 6..... 58

COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA APOIADA POR REALIDADE AUMENTADA: O CASO DO APLICATIVO AUMENTANDO KIRIMURÊ

Vinícius Pires de Oliveira
Fernanda Vitória Nascimento Lisboa
Jéssica Duarte Souza
Brisa Santana Brasileiro
Hilma Maria Passos de Oliveira
Ingrid Winkler
Andrea de Matos Machado
Karla Schuch Brunet

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1922129116>

CAPÍTULO 7..... 64

CONTEXTUALIZAÇÃO DO CPS DE UMA CÉLULA ROBÓTICA, ATRAVÉS DO GÊMEO DIGITAL UTILIZANDO PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO OPC UA

Rogério Adas Pereira Vitalli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1922129117>

CAPÍTULO 8..... 75

DESENVOLVIMENTO DE UMA ARQUITETURA DE SOFTWARE BASEADA EM CENÁRIOS ARQUITETURAIS, MEMORANDOS TÉCNICOS E VISÕES DO MODELO 4+1

Everson Willian Pereira Bacelli
Bruno Ferreira Cardoso
Wilson Vendramel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1922129118>

CAPÍTULO 9..... 90

DEVELOPMENT OF AN AIDING TOOL FOR THE OPTIMAL DETAIL OF ACTIVE REINFORCEMENT USING GENETIC ALGORITHM

Victória Carino Neves
Guilherme Coelho Gomes Barros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1922129119>

CAPÍTULO 10..... 106

ANÁLISE DOS EFEITOS DA MÉTRICA DE DISTÂNCIA NA EXTRAÇÃO DE CONJUNTOS DE SIMILARIDADE

André Eduardo Alessi
Bruno Duarte
Ives Renê Venturini Pola
Dalcimar Casanova
Marco Antonio de Castro Barbosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291110>

CAPÍTULO 11	119
ESTUDO SOBRE AUTOMATIZAÇÃO DE EQUIVALÊNCIA DE FUNÇÕES	
Lucas Fernando Frighetto Fábio Hernandez	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291111	
CAPÍTULO 12	142
ESTUDO SOBRE O CONTROLE REMOTO DE DISPOSITIVOS MICROCONTROLADOS UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVEIS	
João Vítor Fernandes Dias Fermín Alfredo Tang Montané	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291112	
CAPÍTULO 13	163
HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS APLICADAS EN EL DIBUJO ASISTIDO POR COMPUTADORA EN LA MODALIDAD A DISTANCIA	
Liliana Eneida Sánchez Platas Celia Bertha Reyes Espinoza Olivia Allende Hernández	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291113	
CAPÍTULO 14	174
HISTÓRICO DAS MULHERES NA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO FEMININA NOS CURSOS SUPERIORES DO BRASIL	
Vívian Ludimila Aguiar Santos Thales Francisco Mota Carvalho Maria do Socorro Vieira Barreto	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291114	
CAPÍTULO 15	186
IDENTIFICAÇÃO DO MODELO DINÂMICO DE UMA TURBINA EÓLICA: ESTUDO DE CASO DA NORDTANK NTK 330F	
Gustavo Almeida Silveira de Souza Edgar Campus Furtado Leandro José Evilásio Campos Cristiane Medina Finzi Quintão	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291115	
CAPÍTULO 16	199
COMFORT IN VIBRATIONS FOR THE STEEL-CONCRETE COMPOSITE FLOORS: AN APPRAISAL FOR REVIEW OF ABNT NBR 8800:2008	
João Vitor V. Freire André V. Soares Gomes Adenílcia Fernanda G. Calenzani Johann A. Ferrareto	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291116	

CAPÍTULO 17	224
FINITE ELEMENT METHOD APPLIED TO MECHANICAL ANALYSIS OF AERONAUTICAL RIBS IN CARBON FIBER AND 7075 ALUMINUM ALLOY	
Alex Fernandes de Souza	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291117	
CAPÍTULO 18	236
MÉTODO PARA CALCULAR A ÁREA DE SUPERFICIAL DE RAÍZES POR PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS	
Marcio Hosoya Name	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291118	
CAPÍTULO 19	244
LOCAL MESHFREE METHOD OPTIMIZATION WITH GENETICALGORITHMS	
Wilber Vélez	
Flávio Mendonça	
Artur Portela	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291119	
CAPÍTULO 20	258
NAVEGACIÓN VIRTUAL 2D Y 3D EN UN ENTORNO WEB	
Víctor Tomás Tomás Mariano	
Felipe de Jesús Núñez Cárdenas	
Jorge Hernández Camacho	
Isaura Argüelles Azuara	
Guillermo Canales Bautista	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.19221291120	
SOBRE A ORGANIZADORA	268
ÍNDICE REMISSIVO	269

CONTEXTUALIZAÇÃO DO CPS DE UMA CÉLULA ROBÓTICA, ATRAVÉS DO GÊMEO DIGITAL UTILIZANDO PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO OPC UA

Data de aceite: 01/11/2021

Rogério Adas Pereira Vitali

Departamento de Engenharia Robótica Instituto
Avançado de Robótica
(I.A.R.)
São Bernardo do Campo, Brasil

RESUMO: O estudo realizado mostra a evolução da indústria de manufatura tradicional para um patamar de uma indústria moderna, descentralizada flexível. Através da fabricação de produtos customizados e seguindo normas internacionais de padrões do modelo RAMI 4.0, observamos uma cadeia de valor promissora para oferta de serviços e digitalização da indústria. Durante as etapas de análise foram discutidos o valor agregado dos sistemas ciberfísicos e do protocolo de comunicação OPC UA. O objetivo final dessa pesquisa foi demonstrar que para o correto funcionamento de uma célula robótica foi necessário, utilizar o gêmeo digital de forma integrada com os sistemas ciberfísicos.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas ciberfísicos (CPS), gêmeo digital, RAMI 4.0, robotista, protocolo OPC UA, Indústria 4.0

1 | INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos altamente customizados em conexão com ciclos de vida de produtos encurtados exige que a indústria de manufatura seja eminentemente flexível, enquanto baixos custos de produção

são cruciais para persistir na competição dos mercados globais [1]. Para atender a esses requisitos, os sistemas ciberfísicos (CPS) são aplicados no processo produtivo, visando fábricas inteligentes interconectadas e autogerenciadas, que podem incorporar condições externas e internas para obtenção de resultados otimizados [2]. Isso é obtido por meio de um fluxo bidirecional de informações entre todos os componentes importantes, como robôs, máquinas, produtos, programas de controle e ativos externos. Portanto, é essencial padronizar as *interfaces* de comunicação e aprimorar a interoperabilidade entre o CPS de todas as variações [3,4].

Esse assunto permeou ao longo das décadas, mudando a estrutura de produção de antigos produtos feitos à mão para linhas de produção totalmente robotizadas, aumentando assim a acessibilidade e expandindo o círculo de clientes [5]. Os métodos desenvolvidos, além disso, tiveram que considerar os ciclos de vida do produto continuamente decrescentes, que requerem um grau adequado de flexibilidade para se adaptar aos desenvolvimentos recentes e integrar novas tecnologias na produção [5,6]. Assim, a flexibilidade foi determinada principalmente para volume, que mede o tempo necessário e esforços para integrar novas tecnologias. Nos últimos anos, as demandas dos clientes mudaram cada vez mais de produtos de massa para dispositivos personalizados [7].

Os fabricantes automotivos, por exemplo, têm que oferecer uma grande quantidade de especificações e recursos opcionais que podem ser escolhidos e alterados pelo cliente. Isso leva a uma grande expansão da variedade de produtos [10]. Em combinação com os métodos de produção enxuta projetados para evitar estoques, o resultado é uma redução significativa do tamanho dos lotes [6]. O estágio final desse processo é um sistema de produção que se adapta continuamente a cada novo pedido, enquanto o fluxo de valor muda constantemente. Portanto, todos os componentes relevantes do sistema de produção devem ser transformados em sistemas ciberfísicos (CPS). [11, 12]. Um CPS pode se identificar, estabelecer uma conexão com os sistemas de rede circundantes, interagir com outro CPS e ter funcionalidades adicionais. No contexto do processo de produção, cada lote, máquina de produção, robô, dispositivo e ativo separado pode ser um CPS. Por exemplo, as estações de trabalho podem identificar os produtos para obter informações específicas sobre cada pedido [10]. Em combinação com as informações sobre o CPS circundante, todo o processo de produção pode ser adaptado e otimizado para aumentar o fluxo de valor através do gêmeo digital. Conseqüentemente, a estrutura rígida da pirâmide de automação é transformada em um padrão de controle descentralizado e mais flexível. Em combinação com as informações sobre o CPS circundante, todo o processo de produção pode ser adaptado e otimizado para aumentar o fluxo de valor, as etapas seguintes do ciclo de vida do produto e permitir novos modelos de negócios orientados a serviços [11, 13, 14].

2 | REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção descreve os principais temas que foram utilizados para o desenvolvimento desta proposta, são eles: RAMI 4.0 (*Reference Architectural Model for Industrie 4.0*), o *Sistemas Ciberfísicos* (CPS), e o protocolo de comunicação *Open Platform Communications Unified Architecture* (OPC UA).

a. Sistema Ciberfísicos (CPS)

Devido à falta de padrões consistentes, atualmente existe uma grande quantidade de dispositivos e tecnologias rotulados como ciberfísicos (CPS). A transição entre as diferentes categorias costuma ser contínua, portanto, a diferenciação depende principalmente de sua finalidade [11]. O termo CPS é amplamente utilizado para dispositivos industriais com a capacidade de acessar outros CPS e processar informações complexas [3]. O requisito fundamental para um processo produtivo eficiente baseado em CPS é a interoperabilidade, garantindo assim o fluxo bidirecional de informações por CPS de diferentes fabricantes [6]. Isso pressupõe a padronização das interfaces de comunicação e formatos de dados. Devido à grande variedade de CPS, as padronizações geralmente são muito difíceis e por esse motivo foi criado o modelo RAMI 4.0. [2, 3]. Para desenvolver e oferecer suporte a *interfaces* padronizadas, várias associações estão trabalhando juntas, por exemplo, a *Advanced Manufacturing Partnership 2.0* do governo americano, a *Plattform Industrie 4.0* da Alemanha

e a *Industrial Internet Consórcio (IIC)* apoiado por numerosas empresas industriais [15]. Além disso, o *World Wide Web Consortium (W3C)* fornece cada vez mais padrões para IoT. O foco principal do consórcio da CII está no uso industrial geral da Internet, incluindo transporte, energia, saúde e manufatura, entre outras, pois as padronizações são geralmente muito difíceis. Por outro lado, a Indústria 4.0 concentra-se predominantemente nos processos de manufatura e áreas intimamente relacionadas [14]. Para a definição de padrões obrigatórios, a *Plattform Industrie 4.0* especifica um novo subgrupo industrial do CPS [11,12]. Cada CPS pode ser classificado em uma categoria CP. Por exemplo, CP23 é um ativo que pode ter um código visual afixado. O código visual pode ser um ID individual, referenciando informações adicionais e funcionalidades em um sistema de servidor. O novo subgrupo definido para a padronização industrial é denominado *Industrie 4.0-components (I4.0-components)*. Cada componente I4.0 deve representar uma entidade [12]. A entidade pode ser um ativo físico ou digital. A definição torna possível classificar ativos sem computadores integrados e acessíveis como componente I4.0, se a representação digital do ativo estiver acessível em um computador separado. Assim, as máquinas de produção atuais podem ser aprimoradas para componentes I4.0 com despesas muito limitadas e otimizadas [7, 10].

b. Rami 4.0

O RAMI 4.0 (*Reference Architectural Model for Industrie 4.0*) é um modelo de referência para a Indústria 4.0, por definição, um conjunto de elementos padronizados para projetar e implementar soluções flexíveis e descentralizadas. Assim, o termo RAMI 4.0 é utilizado para conceituar um tipo de modelo utilizado para implementações das mais diversas soluções para projetos referentes à Indústria 4.0. O modelo proporciona diretrizes práticas para que toda a cadeia produtiva se envolva na atmosfera cibernética e de alta *performance*, característica da quarta revolução industrial [7]. A (Fig 1) apresenta o modelo RAMI 4.0.

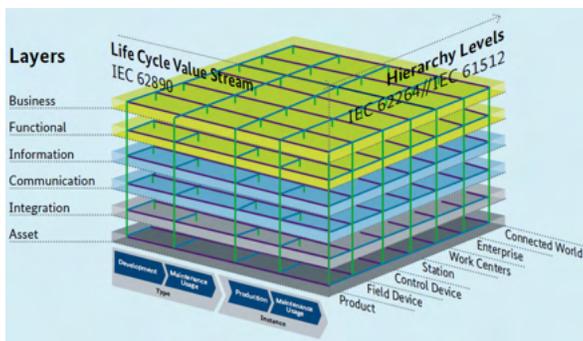


Fig 1. Modelo Arquitetônico de Referência para a Indústria 4.0 - RAMI 4.0 [7].

O RAMI 4.0 simboliza hoje um dos mais conhecidos modelos devido à sua representação tridimensional, estruturada e presente em toda a cadeia produtiva. O RAMI

4.0 promove as diretrizes de conectividade para sistemas e processos dentro da realidade da Indústria 4.0 [9]. Conforme [15], o RAMI 4.0 é dividido em três áreas (eixos) de aplicação, cobrindo todas as etapas da cadeia produtiva, provendo uma ordem entre os processos e controlando o ciclo de vida de uma operação industrial. Os eixos são:

- *Hierarquia*: Nessa etapa é definido o modelo de conexão interna de todos os agentes que compõem a produção, desde pessoas até dados e equipamentos, proporcionando uma comunicação clara e eficiente entre todos os atores desse quadro. A hierarquia possui características flexíveis e interoperáveis, distribuída pelos vários setores e etapas de um processo produtivo.
- *Arquitetura*: A arquitetura fica responsável por verticalizar o fluxo de dados do processo produtivo industrial, bem como as *interfaces* que serão utilizadas na operação pelos colaboradores e gestores. Fica a cargo da arquitetura transcrever dados físicos para informações inteligíveis e racionais, levantando os dados necessários para a eficiência da produção e relacionando os dispositivos, máquinas e pessoas de acordo com suas funções.
- *Ciclo de vida*: O ciclo de vida da fabricação de determinado produto passa pela sua idealização e se estende até fases de pesquisa, desenvolvimento, testes, validação, produção e finalização. São pontos essenciais para garantir a produtividade e o sucesso da operação.

O RAMI 4.0 opera a partir de um conjunto de componentes com uma mesma semântica de informações e controle, chamados de I4.0. Os conjuntos de I4.0 formam células de produção que trabalham de forma flexível, descentralizada e interoperável nesse contexto. Após isso, é imprescindível que se volte a atenção para os componentes I4.0 visando o máximo controle e interconexão. Por fim, deve-se buscar configurar eficientemente o sistema para completa interoperabilidade dentro dos três eixos (dimensões) do RAMI 4.0. Permitindo assim flexibilidade, customização e personalização. Para que a implementação do RAMI 4.0 ocorra é necessário que sejam seguidos alguns passos consideravelmente estruturados. Iniciando com o projeto básico da automação de forma descentralizada e interconectada com todos os *devices* [7]. Dentro da linha de produção, logo que se recebe a informação sobre o estado de um ativo, este automaticamente já se relaciona com os três eixos da gestão RAMI 4.0. Observando que o padrão é vertical, o valor desse tipo de informação está contido em toda a cadeia produtiva, estando disponível com o mesmo dado da gestão do negócio, protótipo, produção até o consumidor final. Dentre os diversos benefícios que podem ser proporcionados na adoção do RAMI 4.0 como padrão para aplicação na Indústria 4.0 podemos citar [9, 15]:

- Melhoria na estruturação para segurança e privacidade; Arquitetura Orientada a Serviços (*Service-Oriented Architecture – SOA*);
- Divisão otimizada dos processos visando facilitar a comunicação e processamento de dados;

- Conexão dos componentes de Tecnologia da Informação nas determinadas camadas do ciclo de vida.

O modelo RAMI 4.0 pode ser usado para descrever qualquer ativo I4.0. O componente I4.0 permite que você crie uma informação ou *link* de tecnologia, usando o *shell* de administração, entre qualquer ativo e indústria 4.0. Segundo o RAMI 4.0, todos os ativos podem ser registrados simultaneamente em um determinado momento T1 junto com seus estados e localizações no mundo físico. Como resultado, é possível correlacionar e avaliar o estado do sistema geral, incluindo a implantação local de ativos individuais no mundo da informação. O instantâneo assim criado fornece uma vista com uma referência de tempo consistente e, assim, estabelece uma relação temporal entre ativos [15].

c. Protocolo de Comunicação OPC UA

Para lidar com os requisitos da Indústria 4.0, as redes industriais precisarão ser capazes de atender às demandas cada vez maiores [16]. As empresas precisarão de redes convergentes, ponta a ponta e seguras, que sejam flexivelmente escalonáveis, dinamicamente adaptáveis e capazes de acomodar um grande número de usuários com os tempos de resposta mais rápidos possíveis [17].

O protocolo de comunicação OPC UA (*Open Platform Communications Unified Architecture*) é um padrão de interoperabilidade para a troca de dados segura e confiável no espaço de automação industrial, robótica industrial e em outras indústrias [18]. É uma plataforma independente que garante o fluxo de informação contínuo entre os dispositivos de diversos fornecedores [19]. OPC UA apresenta um servidor de cliente típico padrão de comunicação que pode ser adaptado para se tornar uma *interface* de comunicação com o *Process Simulate*.

A especificação OPC UA foi definida em 2009 e foi publicado como um padrão IEC 62541. De acordo com [17], OPC UA é um padrão industrial independente de plataforma usado para facilitar a comunicação entre vários tipos de sistemas e dispositivos, enviando mensagens entre clientes e servidores em vários tipos de redes. É fundamentalmente sobre segurança, modelagem de dados e transporte. Ele usa objetos orientados, técnicas, incluindo hierarquias de tipo e herança, para modelar informações [18]. Um espaço de endereço OPC UA permite que as informações sejam conectadas e codificadas de várias formas e podem ser mapeadas em uma variedade de meios de comunicação, protocolos e dados para apoiar a portabilidade e eficiência [16]. O OPC UA é um componente importante: o padrão de comunicação aberto e neutro em relação à plataforma permite a comunicação contínua com aplicativos de terceiros e pode ser dimensionado com flexibilidade para atender a requisitos específicos [17]. Com seus recursos semânticos, o OPC UA suporta mais do que apenas transmissão de dados: ele também contém um modelo de informações exclusivo. Mecanismos de segurança comprovados como autenticação, autorização e criptografia garantem uma conexão segura. [18, 19].

3 | PROPOSTA

Este trabalho foi desenvolvido em ambiente virtual com o uso do *software Process Simulate* na versão 15.1.2. do fabricante *Siemens Digital Industrie Software*. O desafio é a comunicação via protocolo OPC UA do gêmeo digital padronizado com a simulação de uma célula robótica. Neste caso, o gêmeo digital foi obtido de um robô industrial LR Mate 200iD do fabricante FANUC de propriedade do Instituto Avançado de robótica – IAR.

O controlador lógico programável (PLC) externo se comunica com o controlador virtual M30iB plus da FANUC através protocolo de comunicação OPC UA estabelecido via *software Process Simulate*. Este exemplo também mostra a importância de usar componentes I4.0 de acordo com o modelo RAMI 4.0 para a simulação virtual da célula robótica conforme (Fig. 2).

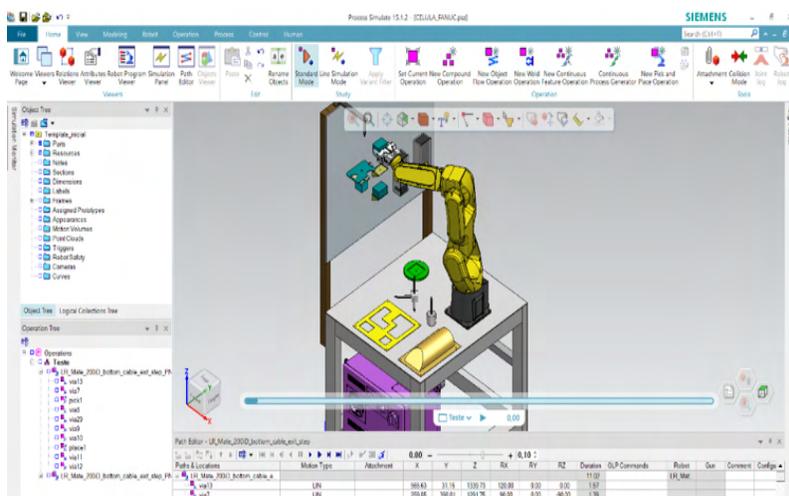


Fig. 2. Exemplo componentes I4.0 reunidos no projeto completo da célula robótica via *software* de simulação *Process Simulate*.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A padronização do gêmeo digital possibilita que engenheiros verifiquem a comunicação entre dispositivos robóticos, componentes I4.0 e controladores de robôs industriais em todo o chão de fábrica para garantirem que as trocas de sinais sejam eficientes e adequadas antes de instalar qualquer equipamento físico ou iniciar processos de *running*. Isso é vital para automatizar os processos de produção posteriormente na integração de robôs.

Foi utilizado o modelo do RAMI 4.0, para a administração, padronização, organização dos arquivos, conversão dos componentes, definição das operações, criação das cinemáticas, elaboração dos sinais de entrada e saída, desenvolvimento dos blocos lógicos e a programação das trajetórias do manipulador robótico.

Uma célula robótica para os testes foi desenvolvida no Instituto Avançado de

Robótica - IAR de exemplo. Para atender aos objetivos do trabalho, componentes I4.0 padronizados segundo o modelo RAMI 4.0 foram combinados com sinais de entrada e saída do PLC durante o processo de simulação. Muitas vezes, essa integração dos diferentes componentes é fornecida não por um fabricante de componentes, mas por vários fabricantes de equipamentos. O fabricante do robô que é a FANUC JAPAN forneceu a cinemática completa do robô LR Mate 200iD, usando a flexibilidade dos componentes para criar uma modelagem por métodos de engenharia robótica e fluxos de materiais, mecânica, elétrica, pneumática, automação e de programação conforme (Fig. 3).

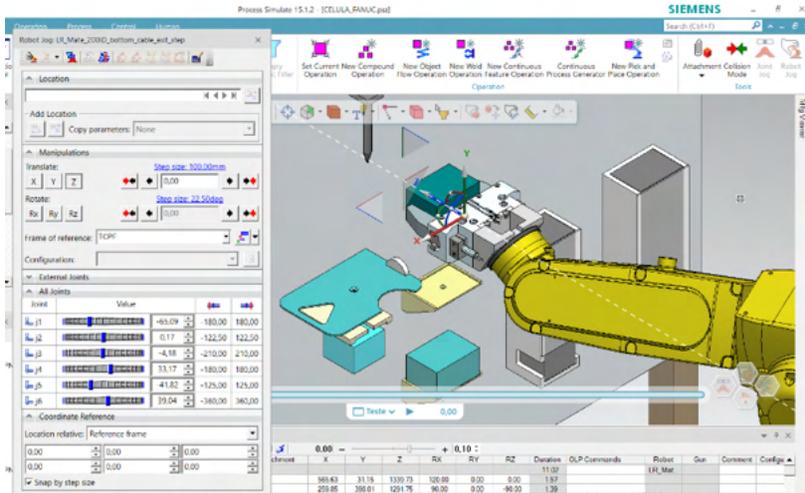


Fig. 3. Exemplo de cinemática do robô LR Mate 200iD da FANUC Robotics.

O objetivo da introdução de um componente composto é fornecer as informações importantes de relacionamento entre os componentes individuais na forma compatível com elementos I4.0 de informação e, assim, permitir que essa informação possa ser usada por outros componentes I4.0 e sistemas de nível superior. [20]. Desta forma, especificações importantes, por exemplo, na fase de engenharia, podem ser disponibilizadas para um grupo de robotistas conforme (Fig. 4).

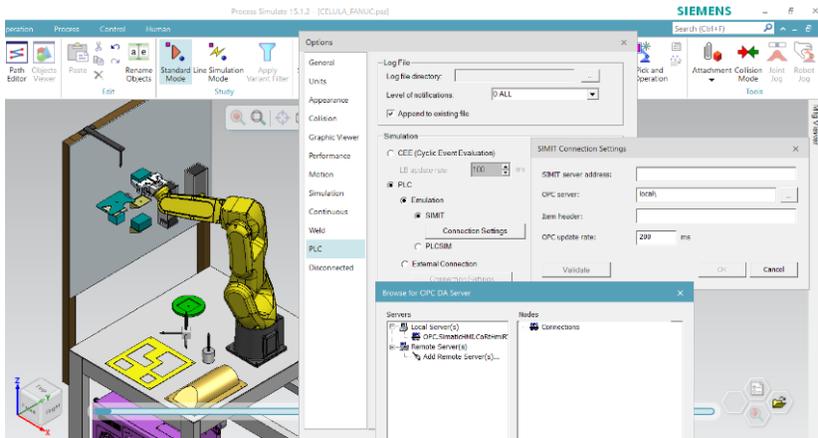


Fig. 4. Exemplo de seleção de componentes I4.0.

O componente composto deve suportar vários submodelos para as várias competências de engenharia e as informações são representadas em documentos relevantes do *Process Simulate*. Segundo [21], cada modelo de CPS deve descrever os relacionamentos para o submodelo relevante de CPS que são determinados pelo protocolo de comunicação OPC UA conforme (Fig. 5).

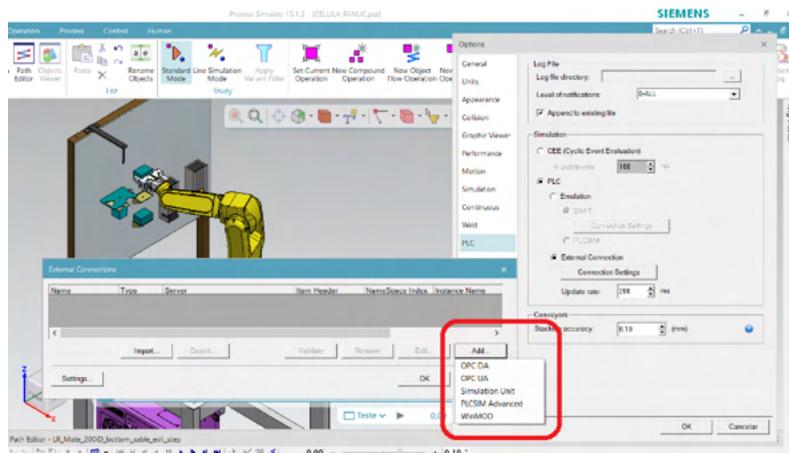


Fig. 5. Exemplo de comunicação do robô FANUC com PLC externo através do protocolo de comunicação OPC UA.

Após a criação dos sinais de entrada e saída do robô com o PLC, são desenvolvidos os blocos lógicos que combinam sistema de CPS com sistemas inteligentes de automação para o estabelecimento de comunicação e da troca de dados necessários para o correto funcionamento das operações conforme (Fig. 6).

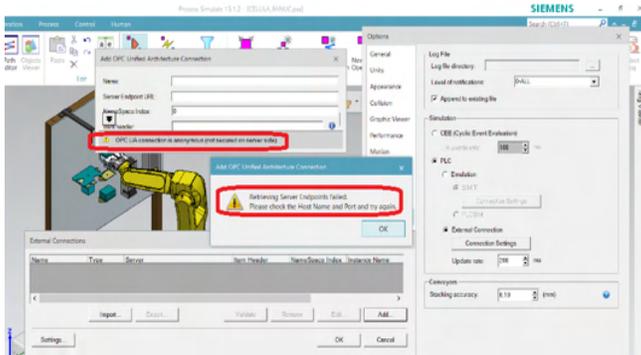


Fig. 6. Exemplo de vários sistemas CPS durante a integração com o gêmeo digital da célula robótica.

Este tipo de modelagem geralmente é criada a partir de um ou mais combinações físicas de CPS [21]. Uma vez estabelecido sem falhas a comunicação via OPC UA, a simulação recebe dados de entrada do PLC.

5 I CONCLUSÕES

A integração dos sistemas ciberfísicos (CPS), do gêmeo digital com a simulação de uma célula robótica foi o desafio desse trabalho. A abordagem atual atendeu ao objetivo proposto aplicando apenas para um fabricante de robô. Em muitos casos, as simulações de células robóticas são mais complexas e requerem mais tempo de análise. Esse resultado pode ser estendido para diferentes CPS, fabricantes de robôs, fornecedores de automação e processos robotizados, visto que exige uma solução abrangente baseada em um gêmeo digital mais sofisticado. Também foi possível realizar a comunicação com o PLC via protocolo OPC UA. Os benefícios da simulação da célula robótica trouxeram ganhos técnicos para os robotistas e financeiros para as empresas que reduziram *tryouts* e o número de engenheiros e técnicos durante o running da célula robótica real. Pode-se dizer que o modelo do RAMI 4.0 foi fundamental como guia na padronização dos resultados desse trabalho, pois ele foi importante para inter-relacionar vários componentes I4.0 e, em seguida, organizar esses componentes em entidades e compostos para fins específicos.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa contou com apoio do Instituto Avançado de Robótica – IAR, que cedeu a sua estrutura de robôs e *software* para viabilizar os resultados.

REFERÊNCIAS

- [1] Adolphs P, Auer S, et al. Struktur der Verwaltungsschale - Fortentwicklung des Referenzmodells für die Industrie 4.0-Komponente. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMW). Berlin: Spreedruck Berlin GmbH 2016.
- [2] Anderl R, Strang D, et al. Integriertes Bauteildatenmodell für Industrie 4.0 Informationsträger für cyber-physische Produktionssysteme. In: ZWF, Industrie 4.0 cyber-physische Industrie 4.0 Produktionssysteme. München: Carl Hanser Verlag 2014; p- 64-69.
- [3] A. W. Colombo, S. Karnouskos, O. Kaynak, Y. Shi, and S. Yin, "Industrial cyberphysical systems: A backbone of the fourth industrial revolution," IEEE Ind. Electron. Mag., vol. 11, no. 1, pp. 6–16, 2017.
- [4] Bedenbender H, Brüggemann S, et al. Thesen und Handlungsfelder - Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik in der Ingenieurarbeit der Zukunft. Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2015.
- [5] Goericke D, Stahl B, et al. Industrie 4.0 in practice - Solutions for industrial applications. Frankfurt: VDMA Industrie 4.0 Forum; 2016.
- [6] Józwiak L. Embedded Computing Technology for Highly-demanding Cyber-physical Systems. International Federation of Automatic Control 2015; IFAC-PapersOnLine 48-4 (2015) 019–030.
- [7] Adolphs P, Epple U, et al. Status Report Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0). Düsseldorf, Frankfurt 2015; VDI – The Association of German Engineers, ZVEI – German Electrical and Electronic Manufacturers' Association.
- [8] Kia R, Khaksar-Haghani F, et al. Solving a multi-floor layout design model of a dynamic cellularmanufacturing system by an efficient genetic algorithm. Journal of Manufacturing Systems 33, Elsevier 2014; p. 218– 232.
- [9] Adolphs P, Epple U, et al. Statusreport Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0). Verein Deutscher Ingenieure e.V., Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V. Düsseldorf, Frankfurt 2015.
- [10] A. Lüder, M. Schleipen, N. Schmidt, J. Pfrommer, and R. Henßen, "One step towards an Industry 4.0 component," in Proc. 13th IEEE Conf. Automation Science and Engineering (CASE), 2017, pp. 1268–1273.
- [11] Leitao P, Colombo A, et al. Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges. Elsevier 2015; Computers in Industry 81 (2016) 11–25.
- [12] Shariatzadeh N, Sivard G, et al. Software Evaluation Criteria for Rapid Factory Layout Planning. Elsevier 2012. Procedia CIRP 3, p. 299 – 304.
- [13] VDI, "Status report—Industrie 4.0 begriffe/terms," Apr. 2017. [Online].Available: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/2019-usage-view-asset-administration-shell.pdf?__blob=publicationFile&v=6.
- [14] ZVEI., "What criteria do Industrie 4.0 products need to fulfill?" German Electrical and Electronic Manufacturers Association, Frankfurt am Main, Germany, Apr. 2017. [Online]. Available: <https://www.gambica.org.uk/static/uploaded/ded61c5c-ce74-49a2-823fcb645918c248.pdf>.
- [15] Smart Manufacturing—Reference Architecture Model Industry 4.0 (RAMI4.0), IEC Standard PAS 63088, 2017.

- [16] X. Ye and S. H. Hong, "An AutomationML/OPC UA-based Industry 4.0 solution for a manufacturing system," in Proc. IEEE 23rd Int. Conf. Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2018, pp. 543–550.
- [17] S. Profanter, K. Dorofeev, A. Zoitl, and A. Knoll, "OPC UA for plug & produce: Automatic device discovery using LDS-ME," in Proc. IEEE 22nd Int. Conf. Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2017, pp. 1–8.
- [18] OPC-Foundation, "Unified architecture," Retired from <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>, Jun. 2018.
- [19] A. Maka, R. Cupek, and J. Rosner, "Opc ua object oriented model for public transportation system," in 2011 UKSim 5th European Symposium on Computer Modeling and Simulation, Nov 2011, pp. 311–316.
- [20] Plattform Industrie 4.0, "Relationships between I4.0 Components—Composite components and smart production," Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, Berlin, June 2017. [Online]. Available: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/hm-2018-relationship.html>.
- [21] Wang L, Törngren M, Onori M. Current status and advancement of cyberphysical systems in manufacturing. Journal of Manufacturing Systems, Elsevier 2015; Journal of Manufacturing Systems.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acoplamento termomecânico 44, 48, 52

Algoritmo genético (AG) 244

Alvenaria estrutural 4, 44, 48

Análise de imagem 235, 240, 241

Aprendizado de máquina 2

Arduino 17, 18, 19, 20, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 152, 154, 157, 158, 159, 160, 161

Arquitetura de software 5, 74, 75, 76

B

Balanced spaces 34

Biblioteconomia clínica 21

Bluetooth 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 151, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 177

C

Cenários arquiteturais 5, 74, 87

Ciclo de vida arquitetural 74, 76, 77, 85, 87

Comunicação científica 3, 5, 57, 58

Conjuntos de similaridade 5, 105, 107, 108, 116

Correlação 235, 236, 240

D

Dados complexos 105, 106, 107, 108

Design science research 57, 58, 59, 62

Desigualdade de gênero na TI 173, 174

Dibujo asistido por computadora 6, 162, 163, 164, 171

E

Educación a distancia 162, 164, 165, 168, 170, 171

Elementos finitos 3, 48, 52, 53, 223

Energia renovável 185

Equivalência de funções 6, 118

F

Fibra de carbono 223

G

Gêmeo digital 5, 63, 64, 68, 71

Grafos 105, 112, 259, 261

H

Herramientas tecnológicas 6, 162, 163, 164, 170

Histórico feminino na TI 173, 174

Human comfort 198

I

Identificação de sistemas 185, 188, 189

Idosos 16, 17, 20

Indústria 4.0 63, 65, 66, 67

Infecções por Coronavirus 2

Interoperabilidade 21, 23, 24, 25, 26, 30, 32, 63, 64, 66, 67

J

JavaCV 235, 236, 237, 240, 241

JavaScript 141, 142, 153, 263

L

Ligas de alumínio 223

M

Memorandos técnicos 5, 74, 76, 78, 80, 81, 86, 87

Método sem malha local 243, 244

Método sem malha local com integração reduzida (ILMF) 244

Métrica de distância 5, 105, 113, 116

Microcontrolador 17, 141, 152

Mixed finite elements 34

Mulheres na TI 173, 174, 182, 183

Mulheres nos cursos superiores de TI 173, 174

O

Ontologias 21, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 32

opencv 241

OpenCV 235, 236, 237, 240, 241

Optimal detailing 89

P

Poisson's equation 34, 36

Prestressed concrete 89, 90, 91, 92, 96, 103

R

Rami 4.0 65

RAMI 4.0 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71

Realidade aumentada 3, 5, 57, 58, 60, 62

Remédios 3, 4, 16, 17, 20

Resistência ao fogo 44, 45, 49, 50, 56

Resistência mecânica 50, 55, 223

Robotista 63

S

Sistemas ciberfísicos (CPS) 63, 64, 71

Static condensation 4, 34, 35, 36

Steel-concrete 6, 198, 199, 200, 202, 204, 205, 206, 216, 218, 221

T

Terminologias clínicas 4, 21, 23, 24, 25, 30

Teste de hipótese 105

U

Usinas eólicas 185

V

Vibrations 6, 198, 199, 212, 219, 220, 222

Visões do modelo 4+1 5, 74, 87

Visualização de dados 57

W

Wi-Fi 141, 142, 147, 148, 152, 153, 157, 158

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br