III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Iniciativas para Sustentabilidade e Excelência Operacional

CIBERATAQUES NA INDÚSTRIA 4.0: O PAPEL DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA IDENTIFICAÇÃO E MITIGAÇÃO DE RISCOS

MA. FERNANDA MOREIRA DE SOUZA BERRETTA
PROF. DR. PEDRO CARLOS OPRIME
PROF. DR. JULIANDO ENDRIGO SORDAN

III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Iniciativas para Sustentabilidade e Excelência Operacional

JBS diz que pagou US$ 11 milhões em resgate a ataque hacker em operações nos EUA

Honda é alvo de ataque hacker e suspende parte da produção, incluindo no Brasil

Google, Amazon e Cloudware confirmam ter sofrido maior ataque cibernético da história

Primeiro ciberataque por agentes de inteligência artificial mira 30 empresas e órgãos de governo

Ataque hacker na Jaguar Land Rover: resgate bilionário e produção paralisada

Universidade Federal Fluminense

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UFF LabDGE LABORATÓRIO DE DESIGN THINKING GESTÃO E ENGENHARIA INDUSTRIAL

INTRODUÇÃO

- Vulnerabilidade das organizações
- Organizações que operam com tecnologias 4.0 (ex: CPS) se tornam vulneráveis.
- Embora tais tecnologias tenham revolucionado a área industrial, o risco das organizações sofrerem ciberataques aumentou, afetando os sistemas de produção.
- Autores alertaram sobre tais problemas Elhabasy *et al.* 2019, 2020, 2021; Rahman e Shafae 2022; Deuerlein *et al.* 2012.
- Quebra de maquinários, inspeções não-legítimas, design dos produtos na área industrial, ataques também na área de abastecimento de água (ataques terroristas), dentre outros.

INTRODUÇÃO

- É nesse contexto que a gestão da qualidade pode desempenhar uma nova função e contribuir para mitigar riscos e vulnerabilidades.
- Zonnenshain e Kenett (2020) enfatizam que, embora a área da qualidade tenha entrado em certa medida no esquecimento no âmbito da Indústria 4.0, os sistemas de gestão da qualidade (SGQ) podem ainda desempenhar um papel central.
- Elhabashy *et al.* (2021) são afirmativos, reforçando o novo papel do SGQ no contexto da Indústria 4.0 ➔ SGQ podem ajudar a identificar e prevenir ataques maliciosos, mas, de acordo com esses mesmos autores, essa é uma questão que tem sido pouco explorada por pesquisadores e organizações em geral.

OBJETIVOS

Geral: Como a Gestão da Qualidade (GQ) pode contribuir na prevenção/detecção de ataques cibernéticos?

Específico: Sistematizar pesquisas recentes sobre ataques maliciosos em sistemas de produção e quais ferramentas de prevenção e detecção são geralmente utilizadas pelas organizações.

QUESTÃO DE PESQUISA

1. Existe integração efetiva entre a GQ e a Cibersegurança?

2. Quais técnicas e ferramentas da qualidade são mais utilizadas?

HUANG *et al.*, 2023; LIM; LEE, 2023; SINGH *et al.*, 2023; ALSHAIBI *et al.*, 2022; RAHMAN; SHAFAE 2022; LIU *et al.*, 2021; MAHMOUD *et al.*, 2019; BOUYEDDOU *et al.*, 2017; HUMAYED *et al.*, 2017; MISHRA; KESHRI, 2013; LIU *et al.*, 2008; LEE, 2008.

REVISÃO TEÓRICA – CIBERATAQUES

- Os CPS se encontram cada vez mais presentes, tanto na área da indústria, como na área da saúde, controle de tráfego, e na área de infraestruturas (energia, água, comunicação).
- Aumento de ciberataques
- Hoje em dia existem diversos tipos de ataques (DoS/DdoS, força bruta, *phishing*, dentre outros);
- Inicialmente, a cibersegurança visava combater ataques de *viruses* e *worms*. Conforme os CPS foram incluídos nas organizações, surgiram novas necessidades para proteger os sistemas produtivos, então emergiram os sistemas de detecção de intrusão;
- Os IDSs são eficazes para auxiliar a identificar e prevenir os ciberataques;

REVISÃO TEÓRICA – CIBERATAQUES

- GQ tem suprido às organizações com instrumentos para o controle e melhoria de processos.
- Portanto, pode-se ter como **hipótese que a gestão da qualidade pode contribuir para a identificação de ataques maliciosos aos CPS, e assim fortalecer a cibersegurança das organizações.**
- Entretanto, **essa é uma área ainda a ser pesquisada**, pois é essencial explorar a aplicação de métodos e técnicas, como os gráficos de controle, para estabelecer um ambiente organizacional que promova a segurança cibernética.

(LIM; LEE, 2023; ELHABASHY *et* al., 2021; AHSAN *et* al., 2018; BOUYEDDOU *et* al., 2017).

(PAPADIMITRIOU; WESTERHEIJDEN, 2010; GREMYR et al., 2021; ASIF, 2020).

REVISÃO TEÓRICA – SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

- GQ ➔ garantir que recursos e processos organizacionais e sociais atinjam a qualidade almejada e pode ser vista como forma de gerar competitividade entre as organizações.
- Diversas abordagens como os SGS: ISO 9000, TQM
- Broday 2022; Zonnenshein e Kenett 2020: área de GQ estagnou, pois, pouco se entende o que seria a Qualidade 4.0 e quais as suas áreas de atuação.
- Digitalização do TQM? Integração das tecnologias da Indústria 4.0 e a gestão da qualidade?
- GQ tem a capacidade e resiliência de se adaptar ao seu entorno mais próximo e ao seu ambiente externo.

REVISÃO TEÓRICA – SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

O que chama a atenção nessas conceituações sobre Q4.0 é que não é mencionada a vulnerabilidade dos sistemas aos ataques hackers, o que reforça a necessidade de revisão e atualização desse assunto.

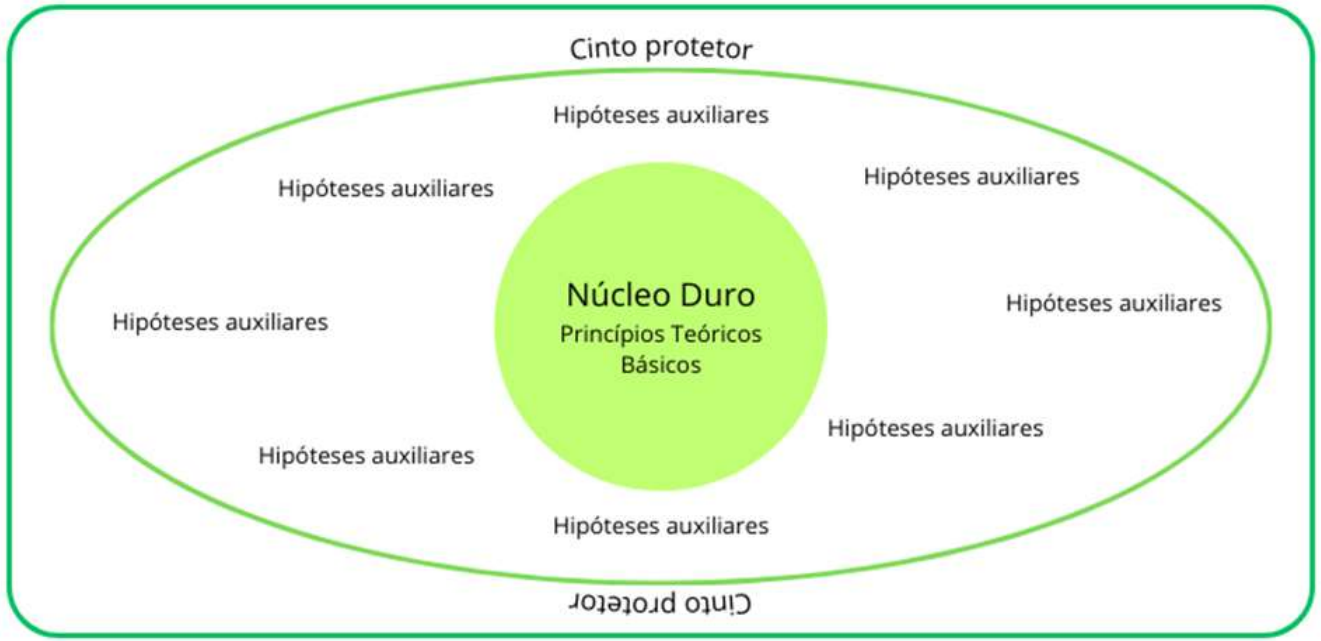
III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Iniciativas para Sustentabilidade e Excelência Operacional

METODOLOGIA

Caracterização:

Exploratória

Quantitativa e qualitativa



Pesquisa bibliográfica:

- Metodologia de Lakatos
- Scopus + Web of Science ⟶ 105 artigos
- Ferramentas: Bibliometrix (RStudio), *Text Mining*, Análise Fatorial e de *Clusters*.

String: (("cyber attack" or "intrusion detection") and ("quality control" or "quality system" or "control chart" or "quality management")).

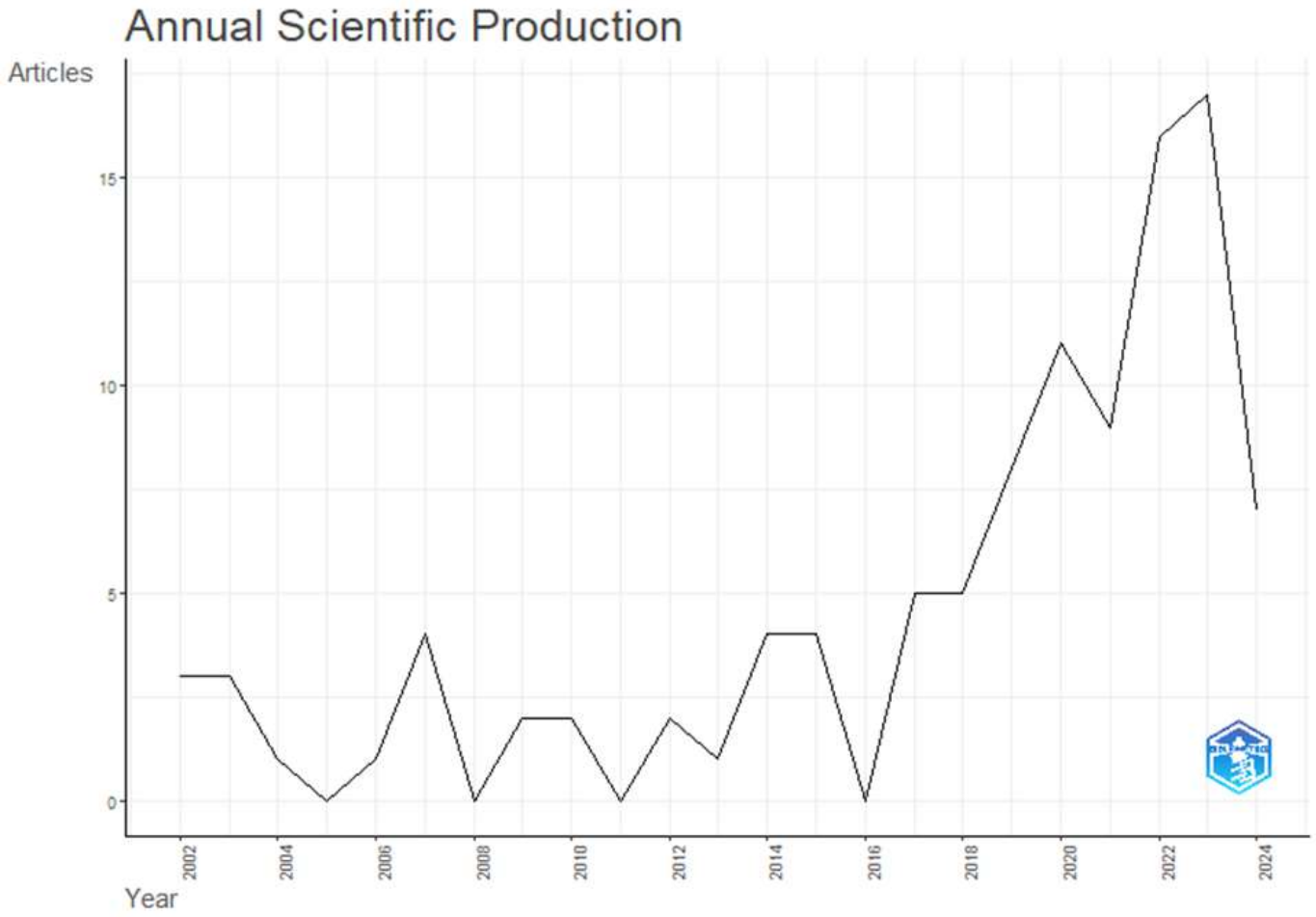
Universidade Federal Fluminense
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
UFF LabDGE LABORATÓRIO DE DESIGN THINKING GESTÃO E ENGENHARIA INDUSTRIAL

III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Iniciativas para Sustentabilidade e Excelência Operacional

RESULTADOS

Análise descritiva:

- 2002 – ago/2024;
- 105 trabalhos;
- 308 autores;
- 357 termos chave;



Universidade Federal Fluminense
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
UFF LabDGE LABORATÓRIO DE DESIGN THINKING GESTÃO E ENGENHARIA INDUSTRIAL

III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Iniciativas para Sustentabilidade e Excelência Operacional

RESULTADOS

Universidade Federal Fluminense

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UFF LabDGE
LABORATÓRIO DE DESIGN THINKING GESTÃO E ENGENHARIA INDUSTRIAL

RESULTADOS

Principais autores	Nº de trabalhos publicados	Anos de publicação
Ashan M.	9	2018; 2019; 2020; 2021; 2023
Mashuri M.	8	2018; 2019; 2020; 2021
Khusna H.	7	2018; 2019; 2020; 2021; 2023
Kuswanto H.	6	2018; 2019; 2020; 2021
Prastyo D.	6	2018; 2019; 2020; 2021
Wells L.	**6**	**2014 (164 citações); 2015; 2019; 2020; 2021**
Camelio J.	5	2014; 2015; 2019; 2020; 2021
Ye N.	**5**	**2002 (152 citações); 2003; 2007**
Elhabshy A.	3	2019; 2020; 2021
Cisar P.	3	2006; 2008; 2010

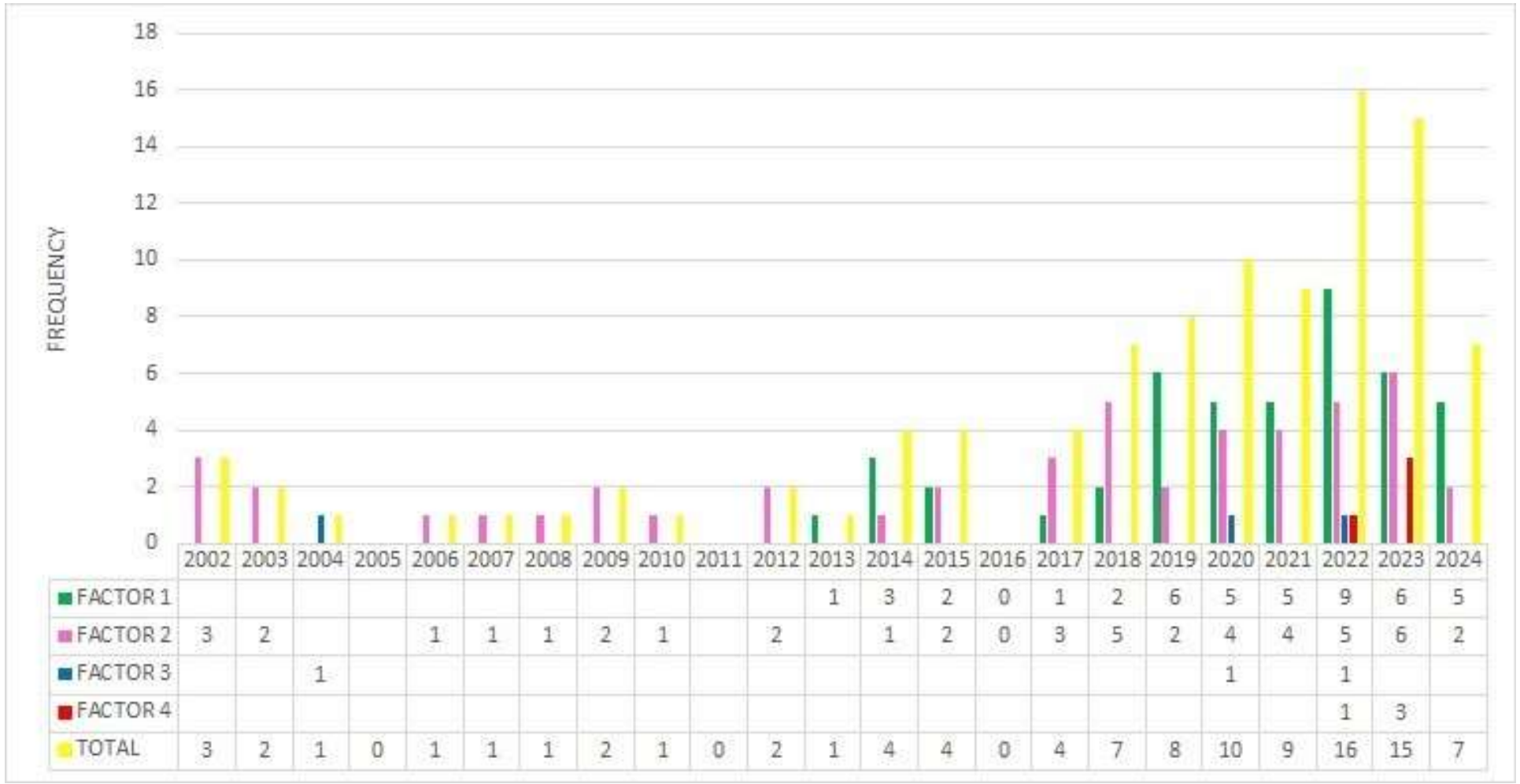
Há um pesquisador previamente não mencionado, Haider, cuja publicação de 2017 conta com 142 citações.

RESULTADOS

Mapeamento científico:

Fator	Nome do fator	Principais termos dos fatores
1	Controle de qualidade, Controle de sistemas, melhoria, *machine learning*, vulnerabilidades, fuzzy, riscos	*Attack, cyber-physics, design, manufacturing, products, tools, production, systems*
2	Gráficos de controle: hotelling, CUSUM, EWAM	*Control chart, multivariate, detect, hotelling*
3	Processo de alerta, controle industrial, operacional	*Alert, IDSs, processing, industrial control*
4	Revisão da literatura, medida de desempenho	*Correlation, events, literature, method*

RESULTADOS



	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
FACTOR 1												1	3	2	0	1	2	6	5	5	9	6	5
FACTOR 2	3	2			1	1	1	2	1		2		1	2	0	3	5	2	4	4	5	6	2
FACTOR 3			1																1		1		
FACTOR 4																					1	3	
TOTAL	3	2	1	0	1	1	1	2	1	0	2	1	4	4	0	4	7	8	10	9	16	15	7

RESULTADOS

- Análise de *cluster* corroborou os achados da análise fatorial:
  - *Cluster* 1: Controle estatístico + cibersegurança.
  - *Cluster* 2: Riscos em sistemas produtivos.
  - *Cluster* 3: Métodos multivariados para anomalias.
  - *Cluster* 4: *Machine learning* + sistemas de controle.

- Tal análise cruzada permitiu observar que os **métodos estatísticos estão em alta para detectar os ataques maliciosos**, e esse é um aspecto interessante a ser disseminado.

III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Iniciativas para Sustentabilidade e Excelência Operacional

RESULTADOS

Achados do **Fator 1**, indicam uma **gama de temas relacionados à cibersegurança, qualidade e ataques cibernéticos, revelando a complexidade e a interdisciplinaridade inerentes a essa área de pesquisa.**

A abordagem de Lakatos preconiza a busca por padrões e relações entre variáveis, contribuindo para o desenvolvimento teórico e prático do campo.

A diversidade de temas, como **detecção de ataques, segurança em sistemas industriais, qualidade de processos e métodos de prevenção, destaca a amplitude da pesquisa nesse domínio.**

Alguns tópicos foram estudados, por exemplo, **o gerenciamento de riscos, e problemas relacionados à qualidade na manufatura**.

III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Iniciativas para Sustentabilidade e Excelência Operacional

RESULTADOS

Temas como **"Total Quality Management in Cyber Security" e "Process Control Security Journey"** evidenciam a **interseção entre cibersegurança e gestão da qualidade,** alinhando-se à perspectiva de Lakatos de explorar relações entre variáveis.

A análise abrange desde a **identificação de vulnerabilidades em sistemas cibernéticos até o desenvolvimento de estratégias para prevenção e detecção de ataques,** refletindo o compromisso com a aplicabilidade prática dos resultados.

A introdução de estratégias como **"CRSTIP"** (Compliance, Risk Assessment, and Security Testing Improvement Profiling) **e "Optimizing Security and Quality of Service" reflete o enfoque na eficiência e no controle de qualidade.**

III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Iniciativas para Sustentabilidade e Excelência Operacional

RESULTADOS

O **Fator 2, revela diversidade de temas e métodos** para enriquecer o conhecimento científico sobre o tema.

Desde a aplicação de técnicas estatísticas clássicas (como gráficos CUSUM e *Hotelling* T^2) até a integração de *machine learning* e algoritmos genéticos.

A **detecção de ataques cibernéticos é abordada como uma solução prática e relevante** para os ataques *hacker*.

A busca por **inovação e integração de métodos é intrínseca para o avanço científico**. Dessa forma, foram **identificadas pesquisas inovadoras** que utilizam, por exemplo, a aplicação de ***Bayesian Inference Criterion* (BIC) e abordagens não paramétricas.**

A adaptação das técnicas a contextos emergentes, como ***Internet of Things* (IoT), cidades inteligentes e redes sociais, demonstrou a capacidade desse campo de pesquisa em se adaptar a novos desafios e ambientes**, o que está em consonância com a visão de Lakatos sobre a evolução da pesquisa científica.

Universidade Federal Fluminense
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
UFF LabDGE LABORATÓRIO DE DESIGN THINKING GESTÃO E ENGENHARIA INDUSTRIAL

III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Iniciativas para Sustentabilidade e Excelência Operacional

DISCUSSÕES

1. Princípios fundamentais (“núcleo rígido”) segundo Lakatos: vulnerabilidades, estratégias de ataque e princípios de cibersegurança.

2. Revisão bibliográfica mapeia **estratégias, ferramentas e métodos de prevenção e mitigação** de ciberataques (“cinturão protetor”) ⇒ a evolução no uso de **métodos estatísticos** apropriados, como os aplicados em sistemas de detecção de intrusão.

3. **Problemática é atual e relevante** e que existe a necessidade de aprofundar os estudos para combater os ciberataques. A **detecção de intrusão** foi destacada como uma **estratégia eficaz** para combater ciberataques.

4. A GQ aparece tanto em aspectos técnicos como gerenciais ⟶ natureza **multidisciplinar** do problema.

DISCUSSÕES

5 Gráficos de controle principal ferramenta para IDS:

- CUSUM, EWMA, T^2 de Hotelling
- Geralmente associados à técnicas de ML e IA

6 Temas como **"Total Quality Management in Cyber Security" e "Process Control Security Journey"** evidenciam a **interseção entre cibersegurança e gestão da qualidade**

7 Os artigos apresentam desde a identificação de vulnerabilidades em sistemas cibernéticos até o desenvolvimento de estratégias para prevenção e detecção de ataques, refletindo o compromisso com a aplicabilidade prática dos resultados.

CONCLUSÕES

- O escopo desta pesquisa exploratória visou **investigar de maneira abrangente como a gestão da qualidade pode desempenhar um papel importante na mitigação das vulnerabilidades inerentes aos sistemas ciber-físicos.**

- O objetivo geral deste trabalho surgiu como uma resposta à interseção entre a crescente influência dos ataques cibernéticos nos sistemas produtivos e a necessidade de uma gestão da qualidade holística para enfrentar os desafios emergentes.

CONCLUSÕES

Contribuições teóricas:

- Propõe que princípios e ferramentas da GQ (como gráficos de controle) podem ser aplicados à detecção de intrusões em Sistemas Ciber-Físicos (CPS).
- Amplia o conceito de Quality 4.0, incluindo a dimensão da segurança digital como parte da qualidade.
- Uso do Programa de Pesquisa de Lakatos ⟶ campo de estudo avança cientificamente ao incorporar métodos estatísticos da GQ à cibersegurança.

CONCLUSÕES

Contribuições práticas:

- Demonstra que a GQ não deve ficar restrita à melhoria de processos produtivos, mas também atuar na proteção de dados e sistemas.
- Gráficos de controle como EWMA e Hotelling T^2 permite o monitoramento em tempo real de sistemas de produção, melhorando a detecção de anomalias que podem indicar ciberataques.
- Gestão da qualidade se estende além da excelência operacional para se tornar um elemento fundamental da segurança organizacional.

CONCLUSÕES

Limitações e trabalhos futuros:

- Limitação: dependência da qualidade dos dados (*text mining*).
- Trabalhos Futuros:
  - Testar outras ferramentas da qualidade ⟶ folha de verificação, mapeamento de processos;
  - Simulações de gráficos de controle em ambientes diversos;
  - Estudos de comportamento organizacional frente a ataques.

III SEMINÁRIO em SISTEMAS de ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Iniciativas para Sustentabilidade e Excelência Operacional

OBRIGADA.
DÚVIDAS?

Universidade Federal Fluminense
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
UFF LabDGE LABORATÓRIO DE DESIGN THINKING GESTÃO E ENGENHARIA INDUSTRIAL