

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MICROCERVEJARIAS:
TECNOLOGIA, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE NO
BRASIL E ALEMANHA**

Relatório Anual do <Modalidade: Projeto Temático ou CPA/CPE>, fomentado
pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

Projeto FAPESP #2025/06142-9

Coordenador: André Luis Dias, IFSP

Informações Gerais do Projeto

- Título do projeto:

Análise Comparativa de Microcervejarias: Tecnologia, Desempenho e Sustentabilidade no Brasil e Alemanha

- Nome do pesquisador responsável:

André Luis Dias, IFSP

- Instituição sede do projeto:

Campus Sertãozinho da Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP)

- Equipe de pesquisa (Pesquisadores Principais):

Prof. Dr. André Luis Dias, IFSP

Prof. Dr. Jean Carlos Rodrigues da Silva, IFSP

Guilherme Santos da Silveira, IFSP

- Número do projeto de pesquisa:

2025/06142-9

- Período de vigência:

01 de Junho de 2025 a 31 de Maio de 2026

- Período coberto por este relatório científico:

01 de Junho de 2025 a 31 de Dezembro de 2025

Resumo

Microcervejarias operam com recursos limitados e baixo nível de automação, o que reduz a transparência do processo produtivo e dificulta o monitoramento de indicadores-chave de desempenho. Tecnologias de baixo custo, como inteligência artificial e internet das coisas, apresentam potencial para apoiar sua transformação digital. Este projeto busca diagnosticar o perfil e as necessidades dessas empresas e, a partir disso, investigar e desenvolver arquiteturas de transformação digital aplicáveis ao processo produtivo, priorizando soluções custo-efetivas. Também se dedica à análise ampliada dos dados coletados para estimar variáveis e KPIs, avaliar a saúde operacional e identificar oportunidades de otimização. Espera-se, assim, demonstrar o potencial desses sistemas para aumentar a sustentabilidade do processo produtivo, reduzindo tempo, energia, custos de manutenção, perdas e retrabalhos, além de contribuir para a melhoria da qualidade final da cerveja.

Abstract

Small-scale breweries, or microbreweries, operate with limited resources and low levels of automation, which reduces process transparency and hinders the monitoring of key performance indicators. Low-cost technologies such as artificial intelligence and the Internet of Things offer significant potential to support their digital transformation. This project aims to characterize the profile and needs of these companies and, based on this diagnosis, investigate and develop cost-effective digital transformation architectures applicable to their production processes. It also focuses on a broader analysis of the collected data to estimate variables and KPIs, assess operational health, and identify opportunities for optimization. Overall, the project seeks to demonstrate the potential of digital systems to improve the sustainability of microbrewery production, reducing process time, energy consumption, maintenance costs, losses, and rework, while contributing to greater product quality.

SUMÁRIO

Informações Gerais do Projeto	i
Resumo	ii
Abstract	iii
1 Introdução	1
1.1 Transformação digital e Indústria 4.0	1
1.2 Arquiteturas digitais e transformação digital	1
1.3 Transformação digital em pequenas e médias empresas	2
2 Atividades realizadas no período	3
2.1 Projeto 1	3
2.1.1 Frente A	3
2.1.2 Frente B	3
2.1.3 Frente C	3
2.2 Projeto 2	3
2.3 Eventos	3
2.3.1 Participação em Eventos	3
2.3.2 Eventos Organizados pelo Projeto	3
3 Planejamento de atividades	4
4 Produção científica	5
4.1 Orientações	5
4.2 Publicações e edições	5
4.3 Prêmios recebidos	6
5 Conclusão	7
Referências	8
APÊNDICE A – Lista de orientações concluídas a nível de Pós-graduação dos pesquisadores principais	9
APÊNDICE B – Lista de orientações concluídas a nível de Pós-graduação dos pesquisadores associados	10

APÊNDICE C – Lista de publicações	11
5.1 Artigos em periódicos nacionais	11
5.2 Artigos em periódicos internacionais	11
5.3 Artigos em congressos nacionais completos	11
5.4 Artigos em congressos internacionais completos	11
5.5 Capítulos de Livros	12
5.6 Livros	12
ANEXO A – Relatórios Sintéticos dos Bolsistas	13
5.7 Ana Júlia - Bolsista de IC - Tema de IC	13
5.7.1 Subseção detalhada de Ana Júlia (caso precise)	13
5.8 João Antônio - Bolsista de PD - Tema de PD	13

1 INTRODUÇÃO

1.1 Transformação digital e Indústria 4.0

A transformação digital tem sido amplamente discutida na literatura como um processo organizacional abrangente, que vai além da simples adoção de tecnologias digitais e envolve mudanças profundas em estratégias, estruturas, processos e modelos de negócio. Segundo Vial (1), a transformação digital pode ser compreendida como um fenômeno multidimensional, no qual tecnologias digitais atuam como catalisadoras de mudanças organizacionais, afetando simultaneamente a criação de valor, a proposta de valor e os mecanismos de captura de valor das organizações.

No contexto industrial, a transformação digital está fortemente associada ao paradigma da Indústria 4.0, entendido como a quarta revolução industrial. Ghobakhloo (2) descreve a Indústria 4.0 como um processo de digitalização sistêmica da manufatura e das cadeias de valor, fundamentado na integração de tecnologias digitais, sistemas físicos e fluxos de informação. Diferentemente das revoluções industriais anteriores, a Indústria 4.0 caracteriza-se pela conectividade contínua entre ativos produtivos, sistemas computacionais e atores humanos, possibilitando tomada de decisão descentralizada e orientada por dados.

Sob essa perspectiva, a Indústria 4.0 não se limita à automação de processos, mas envolve a reconfiguração das arquiteturas produtivas e organizacionais. Ghobakhloo (2) destaca princípios fundamentais associados a esse paradigma, como interoperabilidade, descentralização, integração horizontal e vertical, virtualização e capacidade de operação em tempo real. Esses princípios sustentam o desenvolvimento de sistemas produtivos inteligentes, capazes de monitorar e ajustar processos de forma dinâmica ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

1.2 Arquiteturas digitais e transformação digital

A viabilização prática da transformação digital e da Indústria 4.0 depende diretamente das arquiteturas computacionais utilizadas para coleta, processamento e armazenamento de dados. Nesse contexto, Sestino et al. (3) ressaltam o papel central das tecnologias digitais habilitadoras, incluindo computação em nuvem, Internet das Coisas e análise de dados, como elementos estruturantes dos novos modelos de negócio digitais.

A computação em nuvem destaca-se por permitir o acesso remoto e escalável a recursos computacionais, reduzindo barreiras de entrada tecnológicas e financeiras, especialmente para pequenas e médias empresas. Conforme discutido por Sestino et al. (3), arquiteturas baseadas em nuvem favorecem a centralização de dados, a integração de sistemas e o desenvol-

vimento de serviços digitais orientados a dados, contribuindo para a inovação em modelos de negócio.

Entretanto, Ghobakhloo (2) aponta que a digitalização industrial impõe requisitos específicos relacionados à latência, confiabilidade e operação em tempo real, que nem sempre são plenamente atendidos por arquiteturas exclusivamente centralizadas. Embora o autor não trate explicitamente do conceito de computação de borda, sua análise evidencia a necessidade de arquiteturas distribuídas e descentralizadas, nas quais decisões operacionais possam ser tomadas localmente, em alinhamento com o princípio de descentralização da Indústria 4.0.

Dessa forma, observa-se que a literatura associada à transformação digital industrial sugere a adoção de arquiteturas híbridas, combinando centralização de dados e processamento distribuído, como estratégia para equilibrar eficiência computacional, confiabilidade operacional e flexibilidade organizacional.

1.3 Transformação digital em pequenas e médias empresas

Grande parte dos estudos iniciais sobre Indústria 4.0 concentrou-se em grandes corporações industriais; entretanto, trabalhos mais recentes reconhecem que pequenas e médias empresas também podem se beneficiar da transformação digital, desde que adotem abordagens compatíveis com suas limitações estruturais. Schallmo et al. (4) enfatizam que a transformação digital deve ser entendida como um processo estratégico e incremental, no qual organizações de menor porte podem explorar tecnologias digitais de forma progressiva, alinhando inovação tecnológica e viabilidade econômica.

Nesse sentido, a transformação digital em pequenas empresas tende a ocorrer por meio da adoção de soluções modulares, uso intensivo de software e exploração de tecnologias digitais de menor custo, como plataformas baseadas em nuvem, algoritmos de aprendizado de máquina e sistemas de monitoramento digital. Sestino et al. (3) reforçam que essas tecnologias não apenas suportam a digitalização de processos existentes, mas também possibilitam a criação de novos modelos de negócio, mesmo em contextos organizacionais com recursos limitados.

Aplicado ao contexto industrial analisado neste projeto, esse conjunto de abordagens sugere que a transformação digital pode ser implementada de forma gradual e adaptativa, respeitando as especificidades produtivas e organizacionais de pequenas unidades industriais, como microcervejarias, sem a necessidade de investimentos elevados em automação pesada, mas mesmo assim, gerando valor na cadeia produtiva.

2 ATIVIDADES REALIZADAS NO PERÍODO

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Seções sugeridas:

2.1 Projeto 1

2.1.1 Frente A

2.1.2 Frente B

2.1.3 Frente C

2.2 Projeto 2

2.3 Eventos

2.3.1 Participação em Eventos

2.3.2 Eventos Organizados pelo Projeto

3 PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Próximas atividades

4 PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Este capítulo apresenta de forma resumida e organizada a produção científica vinculada ao <Modalidade: Projeto Temático ou CPA/CPE> Análise Comparativa de Microcervejarias: Tecnologia, Desempenho e Sustentabilidade no Brasil e Alemanha. Serão abordados os principais resultados relacionados à formação de pesquisadores, à geração de conhecimento por meio de publicações e edições, e ao reconhecimento recebido pelos pesquisadores em prêmios e distinções. O objetivo é apresentar de forma geral o impacto e a relevância das atividades científicas, destacando quantidade e qualidade das contribuições, com mais detalhes disponíveis nos referidos apêndices.

4.1 Orientações

O <Modalidade: Projeto Temático ou CPA/CPE> Análise Comparativa de Microcervejarias: Tecnologia, Desempenho e Sustentabilidade no Brasil e Alemanha atua na formação de profissionais qualificados por meio da orientação em iniciação científica, dissertações de mestrado, teses de doutorado e pós-doutorados em diferentes áreas do conhecimento. As orientações registradas no período avaliado refletem o comprometimento dos pesquisadores na condução de projetos com impacto científico, tecnológico e social. A Tabela 4.1 a seguir apresenta essas orientações de forma consolidada, destacando a participação do centro na pós-graduação e seu papel na formação de novos especialistas. A lista completa das orientações dos pesquisadores principais e associados pode ser consultada nos Apêndices A e B, respectivamente.

Tabela 4.1: Formação de Recursos Humanos em Nível de Pós-Graduação pelos Pesquisadores Principais (PP) e Pesquisadores Associados (PA)

Formação	Orientações PP	Orientações PA	Orientações Totais
Iniciação Científica	2	1	3
Mestres	4	2	6
Doutores	3	2	5
Pós-doutores	2	1	3

4.2 Publicações e edições

A produção científica do <Modalidade: Projeto Temático ou CPA/CPE> Análise Comparativa de Microcervejarias: Tecnologia, Desempenho e Sustentabilidade no Brasil e Alema-

nha reflete a excelência e o empenho de seus pesquisadores em gerar e disseminar conhecimento, consolidando resultados por meio de artigos em periódicos e congressos, tanto no âmbito nacional quanto internacional, além de capítulos de livros, livros e outras publicações. Essa diversidade evidencia o caráter amplo e qualificado da produção intelectual, promovendo diálogo com a comunidade acadêmica, o setor produtivo e a sociedade. A Tabela 4.2 a seguir organiza as publicações registradas no período analisado, destacando o volume e o alcance das contribuições científicas e técnicas do Análise Comparativa de Microcervejarias: Tecnologia, Desempenho e Sustentabilidade no Brasil e Alemanha, com a relação completa disponível no Apêndice C deste relatório.

Tabela 4.2: Publicações e edições

Tipo	Âmbito da Publicação	Quantidade
Artigos em periódicos	Nacionais	2
Artigos em periódicos	Internacionais	2
Artigos em congressos	Nacionais	1
Artigos em congressos	Internacionais	3
Livros escritos		1
Capítulos de livros		1

4.3 Prêmios recebidos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

5 CONCLUSÃO

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pelentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

REFERÊNCIAS

- 1 VIAL, Gregory. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. **Managing digital transformation**, Routledge, p. 13–66, 2021.
- 2 GHOBAKHLOO, Morteza. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. **Journal of cleaner production**, Elsevier, v. 252, p. 119869, 2020.
- 3 SESTINO, Andrea et al. Internet of Things and Big Data as enablers for business digitalization strategies. **Technovation**, Elsevier, v. 98, p. 102173, 2020.
- 4 SCHALLMO, Daniel; WILLIAMS, Christopher A; BOARDMAN, Luke. Digital transformation of business models—best practice, enablers, and roadmap. **International journal of innovation management**, World Scientific, v. 21, n. 08, p. 1740014, 2017.

APÊNDICE A – LISTA DE ORIENTAÇÕES CONCLUÍDAS A NÍVEL DE PÓS-GRADUAÇÃO DOS PESQUISADORES PRINCIPAIS

INICIAÇÃO CIENTÍFICA :

Iniciação Científica 1. Orientador:A

Iniciação Científica 2. Orientador:C

MESTRADO :

Mestrado 1. Orientador:A

Mestrado 2. Orientador:A

Mestrado 3. Orientador:B

Mestrado 4. Orientador:B

DOUTORADO :

Doutorado 1. Orientador:A

Doutorado 2. Orientador:B

Doutorado 3. Orientador:C

PÓS-DOUTORADO :

Pós-Doutorado 1. Orientador:A

Pós-Doutorado 2. Orientador:B

**APÊNDICE B – LISTA DE ORIENTAÇÕES CONCLUÍDAS A NÍVEL DE PÓS-GRADUAÇÃO
DOS PESQUISADORES ASSOCIADOS**

INICIAÇÃO CIENTÍFICA :

Iniciação Científica 1. Orientador:D

MESTRADO :

Mestrado 1. Orientador:D

Mestrado 4. Orientador:G

DOUTORADO :

Doutorado 1. Orientador:E

Doutorado 2. Orientador:F

PÓS-DOUTORADO :

Pós-Doutorado 1. Orientador:D

APÊNDICE C – LISTA DE PUBLICAÇÕES

5.1 Artigos em periódicos nacionais

ALMEIDA, Rodrigo; BARROS, Luana. Visão Computacional Aplicada à Agricultura de Precisão. **Revista Brasileira de Inteligência Artificial**, Sociedade Brasileira de Computação, v. 9, n. 2, p. 45–60, 2021.

SOUZA, Fernanda; RIBEIRO, Caio. Mineração de Dados Educacionais com Técnicas de Aprendizado de Máquina. **Revista de Sistemas e Computação**, Editora UFBA, v. 32, n. 1, p. 77–95, 2022.

5.2 Artigos em periódicos internacionais

GOMES, Tiago; ALMEIDA, Sofia. Human-Robot Interaction in Industrial Environments Using Machine Learning. **Robotics and Autonomous Systems**, Elsevier, v. 120, p. 103–115, 2019.

PIRES, Eduardo; NASCIMENTO, Clara. Generative Adversarial Networks for Synthetic Data in Finance. **Expert Systems with Applications**, Elsevier, v. 215, p. 119–134, 2023.

5.3 Artigos em congressos nacionais completos

COSTA, Mariana; FREITAS, João. Uso de Inteligência Artificial para Personalização do Ensino em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. In: SBC. ANAIS do Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Porto Alegre, Brasil: [s.n.], 2023. p. 213–224.

5.4 Artigos em congressos internacionais completos

FERNANDES, Rafael; LIMA, Beatriz. Transformers for Low-Resource Languages: A Case Study in Portuguese. In: ACL. PROCEEDINGS of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. [S.l.: s.n.], 2023. p. 5012–5024.

MENDES, Lucas; ROCHA, Daniela. Explainable AI for Healthcare: Challenges and Opportunities. In: AAAI, 8. PROCEEDINGS of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. [S.l.: s.n.], 2021. v. 35, p. 6892–6900.

SANTOS, Bruno; CARVALHO, André. Edge AI: Deploying Deep Neural Networks on IoT Devices. In: IEEE. PROCEEDINGS of the IEEE International Conference on Edge Computing. [S.l.: s.n.], 2020. p. 88–96.

5.5 Capítulos de Livros

ARAUJO, Felipe; MARTINS, Carolina. Ethics of Artificial Intelligence in Autonomous Vehicles. In: HANDBOOK of Responsible AI. [S.l.]: Springer, 2022. p. 145–167.

5.6 Livros

OLIVEIRA, Carlos; SOUZA, Helena. **Inteligência Artificial: Fundamentos e Aplicações**. [S.l.]: Editora Ciência Moderna, 2020.

ANEXO A – RELATÓRIOS SINTÉTICOS DOS BOLSISTAS

5.7 Ana Júlia - Bolsista de IC - Tema de IC

Texto ...

5.7.1 Subseção detalhada de Ana Júlia (caso precise)

Texto...

5.8 João Antônio - Bolsista de PD - Tema de PD

Texto... nome inventado