

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO (IFSP)

CAMPUS SERTÃOZINHO

**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

Sertãozinho, 4 de janeiro de 2026

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 Fundamentação teórica	1
1.1.1 Transformação digital, Indústria 4.0 e arquiteturas digitais	1
1.1.2 Computação em nuvem (Cloud Computing)	3
1.1.2.1 Características essenciais e modelos de serviço	3
1.1.2.2 Nuvem como habilitador da transformação digital e da Indústria 4.0	4
1.1.2.3 Vantagens: escalabilidade, agilidade e centralização de dados	4
1.1.2.4 Limitações e trade-offs: latência, conectividade, segurança e lock-in	4
1.1.3 Computação em névoa (Fog Computing)	5
1.1.4 Computação de borda (Edge Computing)	6
1.1.5 Arquiteturas híbridas cloud–fog–edge como habilitadoras da transformação digital	7
2 Atividades realizadas no período	10
2.1 Projeto 1	10
2.1.1 Frente A	10
2.1.2 Frente B	10
2.1.3 Frente C	10
2.2 Projeto 2	10
2.3 Eventos	10
2.3.1 Participação em Eventos	10
2.3.2 Eventos Organizados pelo Projeto	10
3 Planejamento de atividades	11
4 Produção científica	12
4.1 Orientações	12
4.2 Publicações e edições	12

4.3 Prêmios recebidos	13
5 Conclusão	14
Referências	15
APÊNDICE A – Lista de orientações concluídas a nível de Pós-graduação dos pesquisadores principais	16
APÊNDICE B – Lista de orientações concluídas a nível de Pós-graduação dos pesquisadores associados	17
APÊNDICE C – Lista de publicações	18
5.1 Artigos em periódicos nacionais	18
5.2 Artigos em periódicos internacionais	18
5.3 Artigos em congressos nacionais completos	18
5.4 Artigos em congressos internacionais completos	18
5.5 Capítulos de Livros	19
5.6 Livros	19
ANEXO A – Relatórios Sintéticos dos Bolsistas	20
5.7 Ana Júlia - Bolsista de IC - Tema de IC	20
5.7.1 Subseção detalhada de Ana Júlia (caso precise)	20
5.8 João Antônio - Bolsista de PD - Tema de PD	20

1 INTRODUÇÃO

1.1 Fundamentação teórica

Nesta seção abordaremos a fundamentação teórica do trabalho, tratando de conceitos de: transformação digital, computação em nuvem, edge computing e outros.

1.1.1 Transformação digital, Indústria 4.0 e arquiteturas digitais

A transformação digital tem se consolidado como um dos principais paradigmas contemporâneos de mudança organizacional e industrial, sendo compreendida como um processo que vai além da simples adoção de tecnologias digitais. De acordo com Vial (1), a transformação digital envolve mudanças profundas nas estruturas organizacionais, nos processos operacionais e nos modelos de negócio, nas quais tecnologias digitais atuam como elementos catalisadores de novas formas de criação, entrega e captura de valor. Nesse sentido, a digitalização não constitui um fim em si mesma, mas um meio para reconfigurar estratégias organizacionais e ampliar a capacidade adaptativa das empresas em ambientes competitivos e dinâmicos.

No contexto industrial, a transformação digital encontra sua expressão mais abrangente no paradigma da Indústria 4.0, frequentemente associada à chamada quarta revolução industrial. Ghobakhloo (2) descreve a Indústria 4.0 como um processo de digitalização sistêmica da manufatura e das cadeias de valor, caracterizado pela integração entre sistemas físicos, digitais e humanos. Diferentemente das revoluções industriais anteriores, a Indústria 4.0 fundamenta-se na conectividade contínua, na interoperabilidade entre sistemas e na capacidade de tomada de decisão orientada por dados, viabilizando ambientes produtivos inteligentes e descentralizados.

Sob essa perspectiva, a Indústria 4.0 não deve ser interpretada apenas como um conjunto de tecnologias emergentes, mas como um sistema estruturado em princípios fundamentais, tais como interoperabilidade, integração horizontal e vertical, virtualização, descentralização e capacidade de operação em tempo real (2). Esses princípios sustentam a transformação digital industrial ao permitir que dados provenientes de diferentes etapas do processo produtivo sejam coletados, integrados e analisados de forma contínua, possibilitando maior eficiência operacional, flexibilidade produtiva e suporte avançado à tomada de decisão.

Embora grande parte da literatura inicial sobre Indústria 4.0 tenha se concentrado em grandes corporações industriais, espera-se que a transformação digital também represente uma abordagem relevante para pequenas e médias empresas. Schallmo et al. (3) argumentam que a transformação digital deve ser compreendida como um processo incremental e estratégico, no qual organizações de menor porte podem explorar tecnologias digitais de maneira progressiva,

alinhandando inovação tecnológica e viabilidade econômica. Nesse contexto, a transformação digital reduz barreiras historicamente associadas ao acesso a tecnologias avançadas, permitindo que empresas de menor escala adotem soluções que permitam resultados anteriormente restritos a grandes players industriais.

Esse aspecto é particularmente relevante no caso de microcervejarias e cervejarias artesanais, que operam em ambientes caracterizados por alta variabilidade de produtos, processos produtivos flexíveis e forte ênfase em qualidade e diferenciação. Apesar dessas características, tais empresas geralmente dispõem de recursos limitados para investimentos em automação pesada e infraestrutura tecnológica proprietária. A transformação digital, ao introduzir tecnologias mais acessíveis, modulares e baseadas em software, cria oportunidades para ganhos significativos em eficiência produtiva, controle de processos, rastreabilidade e suporte à tomada de decisão, sem a necessidade de investimentos incompatíveis com a realidade dessas organizações (1, 4).

Sestino et al. (4) ressaltam que tecnologias digitais associadas à transformação digital, como plataformas computacionais, sistemas de coleta e análise de dados e soluções conectadas, possibilitam não apenas a digitalização de processos existentes, mas também a inovação em modelos de negócio. Assim, a transformação digital em pequenas e médias empresas pode ser entendida como um mecanismo de democratização tecnológica, ampliando o acesso a capacidades analíticas e operacionais que anteriormente demandavam infraestruturas complexas e de alto custo.

A materialização da transformação digital e dos princípios da Indústria 4.0 depende, contudo, da adoção de arquiteturas computacionais adequadas para coleta, processamento, armazenamento e análise de dados. Nesse contexto, arquiteturas digitais baseadas em computação em nuvem, computação em névoa (*fog computing*) e computação de borda (*edge computing*) têm assumido papel central como infraestruturas habilitadoras da digitalização industrial. A computação em nuvem destaca-se por oferecer recursos computacionais escaláveis, acessíveis sob demanda e com modelos de custo flexíveis, viabilizando a centralização de dados, a integração de sistemas e o desenvolvimento de serviços digitais (5, 6).

Entretanto, conforme apontado por Ghobakhloo (2), a transformação digital industrial impõe requisitos específicos relacionados à latência, confiabilidade e operação em tempo real, que nem sempre são plenamente atendidos por arquiteturas exclusivamente centralizadas. Esses requisitos tornam-se particularmente relevantes em ambientes produtivos, nos quais decisões operacionais precisam ser tomadas de forma rápida e robusta, mesmo diante de limitações de conectividade ou falhas de comunicação. Nesse cenário, abordagens baseadas em computação de borda e computação em névoa emergem como complementares à computação em nuvem, ao possibilitar o processamento descentralizado de dados próximo à fonte de geração da informação.

Assim, arquiteturas híbridas que combinam computação em nuvem, fog e edge computing têm sido amplamente discutidas na literatura como soluções capazes de equilibrar cen-

tralização e descentralização, escalabilidade e responsividade, bem como integração global e autonomia local. Essas arquiteturas alinham-se diretamente aos princípios da Indústria 4.0, em especial à descentralização e à capacidade de operação em tempo real, constituindo a base tecnológica sobre a qual processos de transformação digital podem ser implementados de forma eficaz e sustentável, inclusive em sistemas produtivos de pequena escala.

1.1.2 Computação em nuvem (Cloud Computing)

A computação em nuvem (*cloud computing*) consolidou-se como um dos pilares tecnológicos da transformação digital ao viabilizar o acesso ubíquo a recursos computacionais sob demanda, com elasticidade e modelos de cobrança baseados em uso. Uma definição amplamente adotada é a proposta pelo NIST, que descreve a computação em nuvem como um modelo que permite acesso conveniente e onipresente, via rede, a um conjunto compartilhado de recursos configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços), que podem ser rapidamente provisionados e liberados com mínimo esforço de gerenciamento ou interação com o provedor (6). Em termos práticos, esse paradigma desloca a aquisição tradicional de infraestrutura (CAPEX) para um modelo predominantemente operacional (OPEX), acelerando a experimentação e a escalabilidade de sistemas digitais (5).

1.1.2.1 Características essenciais e modelos de serviço

A caracterização do NIST explicita propriedades que diferenciam a nuvem de abordagens anteriores de terceirização de TI: (i) autosserviço sob demanda; (ii) amplo acesso via rede; (iii) compartilhamento de recursos (multitenancy); (iv) elasticidade rápida; e (v) serviço mensurado (6). Essas propriedades estão diretamente relacionadas com as vantagens do uso da computação a nuvem, que serão discutidas adiante, além disso sustentam três modelos de serviço, frequentemente utilizados para organizar a discussão arquitetural e de governança:

- **IaaS** (*Infrastructure as a Service*): fornece infraestrutura virtualizada (máquinas, redes, armazenamento), permitindo ao usuário gerenciar sistemas operacionais e aplicações.
- **PaaS** (*Platform as a Service*): oferece uma plataforma gerenciada (runtime, middleware, banco de dados), reduzindo o esforço operacional do usuário.
- **SaaS** (*Software as a Service*): disponibiliza aplicações completas como serviço, com mínima gestão por parte do usuário final.

Além disso, são comuns modelos de implantação **pública, privada, comunitária e híbrida** (6). Para aplicações industriais, arquiteturas híbridas são frequentemente motivadas por requisitos de conformidade, sensibilidade de dados e necessidades de integração com sistemas legados, ao mesmo tempo em que preservam a elasticidade e a escalabilidade da nuvem pública.

1.1.2.2 Nuvem como habilitador da transformação digital e da Indústria 4.0

No contexto da Indústria 4.0, a nuvem atua como infraestrutura integradora para agregação e processamento de dados provenientes de sensores, máquinas, sistemas de execução da manufatura (MES), sistemas de gestão (ERP) e demais componentes da cadeia de valor. Em revisões sobre Indústria 4.0, a computação em nuvem aparece como uma tecnologia habilitadora recorrente, associada à integração vertical e horizontal, à interoperabilidade e ao suporte a análises avançadas (por exemplo, *big data analytics* e inteligência artificial) (2). Em particular, a capacidade de concentrar dados de múltiplas fontes, padronizar interfaces e escalar recursos computacionais sob demanda viabiliza o desenvolvimento de serviços digitais, monitoração remota, rastreabilidade e suporte decisório orientado a dados em tempo quase real, alinhando-se a princípios como capacidade em tempo real e integração ao longo da cadeia (2).

Do ponto de vista organizacional, a nuvem também favorece a adoção incremental de soluções digitais, pois reduz barreiras de entrada associadas à aquisição e manutenção de infraestrutura local. Esse aspecto é relevante para pequenas e médias empresas que buscam iniciar jornadas de transformação digital com investimentos graduais e maior flexibilidade para testar aplicações (por exemplo, *dashboards*, análise de qualidade, gestão de manutenção e controle de processos), preservando a possibilidade de evolução futura (5, 7).

1.1.2.3 Vantagens: escalabilidade, agilidade e centralização de dados

Entre as principais vantagens da computação em nuvem, destacam-se:

1. **Elasticidade e escalabilidade:** capacidade de ajustar recursos rapidamente conforme variação de carga, reduzindo sub ou superdimensionamento (5).
2. **Agilidade e *time-to-market*:** provisionamento rápido acelera prototipação e implantação de sistemas digitais (5, 7).
3. **Centralização e integração de dados:** consolidação de fontes heterogêneas facilita análises globais, auditorias e rastreabilidade (6).
4. **Economias de escala:** provedores podem otimizar utilização e custos energéticos/operacionais, repassando parte do ganho ao usuário (5).

1.1.2.4 Limitações e trade-offs: latência, conectividade, segurança e lock-in

Apesar de seus benefícios, a nuvem impõe limitações relevantes, especialmente em cenários industriais e ciberfísicos:

1. **Latência e variabilidade de rede:** aplicações de controle e resposta rápida podem ser sensíveis a atrasos e jitter, o que limita o envio de todos os dados e decisões exclusivamente para a nuvem (5).

2. **Dependência de conectividade:** interrupções de rede podem degradar serviços críticos se não houver mecanismos locais de contingência.
3. **Segurança, privacidade e conformidade:** a centralização de dados e o multitenancy ampliam preocupações com confidencialidade, integridade e governança; tais aspectos influenciam decisões por nuvens privadas/híbridas (6).
4. **Vendor lock-in:** dependência de APIs proprietárias e serviços gerenciados pode aumentar custos de migração e reduzir flexibilidade futura, configurando um trade-off frequente na adoção de PaaS/SaaS (5, 7).

Esses trade-offs não anulam o valor da nuvem; ao contrário, motivam arquiteturas distribuídas e híbridas, nas quais parte do processamento ocorre próximo à fonte de dados (conceitos aprofundados nas subseções de *fog* e *edge computing*). Em ambientes de Indústria 4.0, essa discussão conecta-se diretamente ao princípio de descentralização e à necessidade de decisões operacionais locais para manter desempenho e robustez, enquanto a nuvem permanece como camada de integração, histórico e análises globais (2).

1.1.3 Computação em névoa (Fog Computing)

A computação em névoa (*fog computing*) emerge como um paradigma arquitetural distribuído que estende capacidades de processamento, armazenamento e comunicação para camadas intermediárias entre a computação em nuvem e os dispositivos finais. O termo foi introduzido por Bonomi et al. (8) com o objetivo de atender às limitações de latência, confiabilidade e consciência de contexto observadas em arquiteturas puramente centralizadas, especialmente em aplicações baseadas em Internet das Coisas (IoT) e sistemas ciberfísicos.

Enquanto a computação em nuvem concentra recursos computacionais em grandes centros de dados, a computação em névoa propõe uma hierarquia de nós distribuídos, denominados *fog nodes*, que podem incluir gateways industriais, servidores locais, roteadores inteligentes e controladores industriais com capacidade computacional. Esses nós são posicionados logicamente próximos às fontes de dados e atuam como intermediários inteligentes, realizando tarefas de pré-processamento, agregação e análise inicial antes do encaminhamento seletivo das informações para camadas superiores (8, 9).

Do ponto de vista arquitetural, a computação em névoa não substitui a computação em nuvem, mas a complementa. A nuvem permanece responsável por tarefas de maior complexidade computacional, armazenamento histórico, aprendizado de máquina em larga escala e análises globais, enquanto a névoa atende aplicações sensíveis a tempo, que demandam respostas rápidas e processamento contextualizado. Essa separação funcional permite equilibrar escalabilidade e desempenho, especialmente em sistemas distribuídos e heterogêneos (9, 10).

No contexto da transformação digital industrial e da Indústria 4.0, a computação em névoa apresenta forte alinhamento com princípios como descentralização, integração vertical

e capacidade de operação em tempo real. Ghobakhloo (2) destaca que ambientes industriais digitalizados requerem arquiteturas capazes de suportar decisões locais e autônomas, reduzindo a dependência de infraestruturas centralizadas e aumentando a resiliência operacional. A computação em névoa atende a esses requisitos ao permitir que eventos críticos sejam tratados localmente, preservando desempenho mesmo diante de instabilidades de rede ou restrições de conectividade.

Entre as principais vantagens associadas à computação em névoa, destacam-se:

1. **Redução de latência:** o posicionamento intermediário dos recursos computacionais permite tempos de resposta significativamente menores em comparação com arquiteturas baseadas exclusivamente em nuvem (8, 10).
2. **Eficiência no uso de banda:** a filtragem e agregação de dados na camada de névoa reduzem o volume de informações transmitidas para a nuvem, mitigando gargalos de comunicação (9).
3. **Consciência de contexto:** a proximidade com o ambiente físico permite que decisões sejam tomadas com base em informações locais, como estado de máquinas, condições operacionais e eventos instantâneos.
4. **Maior robustez operacional:** a capacidade de processamento local contribui para a continuidade de operação mesmo em cenários de falhas ou degradação da conectividade com a nuvem.

1.1.4 Computação de borda (Edge Computing)

A computação de borda (*edge computing*) representa um paradigma arquitetural que desloca capacidades de processamento, armazenamento e tomada de decisão para o ponto mais próximo possível da fonte de geração dos dados, isto é, para os próprios dispositivos finais ou para nós imediatamente adjacentes a eles. Diferentemente da computação em nuvem, que se baseia na centralização de recursos computacionais, e da computação em névoa, que introduz camadas intermediárias distribuídas, a computação de borda enfatiza o processamento *no extremo da rede*, onde dados são produzidos e ações são executadas (11).

Shi et al. (11) definem edge computing como uma abordagem que visa reduzir latência, consumo de banda e dependência de conectividade por meio do processamento local ou quase local dos dados. Nesse paradigma, dispositivos como sensores inteligentes, controladores industriais, sistemas embarcados e computadores industriais desempenham papel ativo não apenas na coleta, mas também na análise e na resposta aos eventos observados. Essa proximidade física e lógica com o processo produtivo confere à computação de borda características singulares em termos de responsividade e determinismo temporal.

Do ponto de vista conceitual, é fundamental distinguir o escopo da computação de borda daquele atribuído à computação em névoa. Embora ambos os paradigmas compartilhem

o objetivo de reduzir dependência de infraestruturas centralizadas, a computação em névoa posiciona recursos computacionais em *camadas intermediárias*, como gateways e servidores locais, enquanto a computação de borda desloca o processamento diretamente para os dispositivos finais ou seus controladores imediatos (9). Assim, enquanto a névoa atua como um elo intermediário entre borda e nuvem, a borda representa o limite extremo da descentralização computacional.

Essa distinção explica a sobreposição conceitual frequentemente observada na literatura e na prática industrial. Em muitos sistemas, funcionalidades atribuídas informalmente à computação de borda são, na realidade, implementadas em camadas de névoa. A diferenciação adequada entre esses paradigmas permite maior clareza arquitetural e evita ambiguidades na definição de responsabilidades entre dispositivos, gateways e plataformas em nuvem (9).

No contexto da transformação digital industrial e da Indústria 4.0, a computação de borda apresenta forte alinhamento com requisitos de tempo real, confiabilidade e autonomia operacional. Ghobakhloo (2) destaca que ambientes industriais digitalizados demandam decisões rápidas e locais, muitas vezes incompatíveis com atrasos introduzidos por arquiteturas centralizadas. A computação de borda atende a esses requisitos ao permitir que eventos críticos sejam processados e respondidos localmente, minimizando latência e garantindo continuidade operacional mesmo em cenários de conectividade limitada.

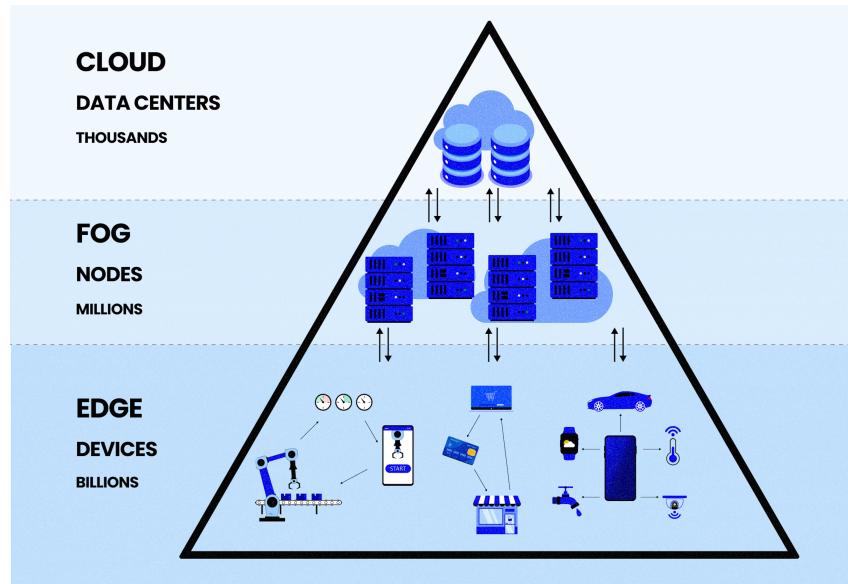
Entre as principais vantagens associadas à computação de borda, destacam-se:

1. **Latência mínima:** o processamento ocorre no ponto de geração dos dados, permitindo respostas quase imediatas em aplicações críticas (11).
2. **Autonomia operacional:** sistemas de borda podem operar de forma independente da nuvem, aumentando robustez e resiliência.
3. **Privacidade e segurança:** dados sensíveis podem ser processados localmente, reduzindo a necessidade de transmissão para camadas superiores (12).
4. **Eficiência energética e de comunicação:** a redução no volume de dados transmitidos contribui para menor consumo de banda e energia.

1.1.5 Arquiteturas híbridas cloud–fog–edge como habilitadoras da transformação digital

A adoção isolada de computação em nuvem, computação em névoa ou computação de borda raramente atende, de forma plena, aos requisitos impostos por processos de transformação digital em ambientes produtivos reais. Em especial no contexto industrial, a literatura tem convergido para o entendimento de que arquiteturas híbridas, que integram de forma coordenada essas três camadas computacionais, oferecem uma solução mais robusta, escalável e alinhada aos princípios da Indústria 4.0 (5, 8, 11, 2). A Figura 1.1 ilustra essa organização hierárquica, destacando o papel complementar desempenhado por cada camada.

Figura 1.1: Arquitetura hierárquica cloud–fog–edge, evidenciando a distribuição de recursos computacionais e a escala de dispositivos em cada camada.



Fonte: <https://maddevs.io/glossary/edge-computing/>

Na camada superior, a computação em nuvem concentra grandes centros de dados responsáveis por armazenamento histórico, análises em larga escala, treinamento de modelos de aprendizado de máquina e integração global de informações. Essa camada oferece elevada capacidade computacional e elasticidade, sendo fundamental para consolidação de dados provenientes de múltiplas unidades produtivas, suporte à tomada de decisão e desenvolvimento de serviços digitais (5, 6). Entretanto, sua dependência de conectividade e a latência associada à comunicação remota limitam sua aplicação direta em tarefas sensíveis a tempo.

A camada intermediária, associada à computação em névoa, atua como elo entre a nuvem e os dispositivos finais. Gateways industriais, servidores locais ou infraestruturas computacionais distribuídas realizam funções de agregação, filtragem, validação e análise inicial dos dados, reduzindo o volume de informações transmitidas para a nuvem e melhorando a responsividade do sistema (8, 9). Essa camada é particularmente relevante para coordenação de múltiplos dispositivos, integração de sistemas heterogêneos e manutenção da operação mesmo em cenários de conectividade intermitente.

Na base da arquitetura, a computação de borda posiciona capacidades computacionais diretamente nos dispositivos finais ou em seus controladores imediatos, permitindo monitoramento em tempo real, controle local e respostas quase instantâneas a eventos do processo físico (11, 12). Embora dispositivos de borda possuam recursos computacionais limitados, sua proximidade com o processo produtivo garante baixa latência, autonomia operacional e maior robustez frente a falhas de comunicação com camadas superiores.

Quando integradas de forma coerente, essas três camadas permitem distribuir responsabilidades computacionais de acordo com requisitos funcionais, temporais e organizacionais.

Em pequenas e médias empresas, como microcervejarias, essa abordagem possibilita a implementação gradual da transformação digital, explorando tecnologias acessíveis e modulares. Dispositivos de borda podem ser utilizados para coleta de dados e controle local de processos; camadas de névoa podem realizar pré-processamento, monitoramento e integração de sistemas; enquanto a nuvem pode concentrar armazenamento histórico, visualização de indicadores, análises avançadas e suporte à tomada de decisão gerencial.

Essa arquitetura híbrida reduz barreiras tecnológicas historicamente associadas à digitalização industrial, permitindo que empresas de menor porte adotem práticas alinhadas à Indústria 4.0 sem a necessidade de infraestruturas complexas ou investimentos elevados.

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, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer 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 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.
- 4 SESTINO, Andrea et al. Internet of Things and Big Data as enablers for business digitalization strategies. **Technovation**, Elsevier, v. 98, p. 102173, 2020.
- 5 ARMBRUST, Michael et al. A view of cloud computing. **Communications of the ACM**, ACM New York, NY, USA, v. 53, n. 4, p. 50–58, 2010.
- 6 CLOUD, Hybrid. The nist definition of cloud computing. **National institute of science and technology, special publication**, v. 800, n. 2011, p. 145, 2011.
- 7 MARSTON, Sean et al. Cloud computing—The business perspective. **Decision support systems**, Elsevier, v. 51, n. 1, p. 176–189, 2011.
- 8 BONOMI, Flavio et al. Fog computing and its role in the internet of things. In: **PROCEEDINGS** of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing. [S.l.: s.n.], 2012. p. 13–16.
- 9 MOURADIAN, Carla et al. A comprehensive survey on fog computing: State-of-the-art and research challenges. **IEEE communications surveys & tutorials**, IEEE, v. 20, n. 1, p. 416–464, 2017.
- 10 CHIANG, Mung; ZHANG, Tao. Fog and IoT: An overview of research opportunities. **IEEE Internet of things journal**, IEEE, v. 3, n. 6, p. 854–864, 2016.
- 11 SHI, Weisong et al. Edge computing: Vision and challenges. **IEEE internet of things journal**, IEEE, v. 3, n. 5, p. 637–646, 2016.
- 12 SATYANARAYANAN, Mahadev et al. Edge analytics in the internet of things. **IEEE Pervasive Computing**, IEEE, v. 14, n. 2, p. 24–31, 2015.

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