

## TRADIÇÃO, TÉCNICA E CAIXAS PRETAS: UMA ANÁLISE SOCIOTÉCNICA E ÉTICA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA ARTESANAL

TRADITION, TECHNIQUE AND BLACK BOXES: A SOCIOTECHNICAL AND ETHICAL ANALYSIS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CRAFT BEER INDUSTRY

TRADICIÓN, TÉCNICA Y CAJAS NEGRAS: UN ANÁLISIS SOCIOTÉCNICO Y ÉTICO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA CERVECERA ARTESANAL

Luciano Moura Feitosa<sup>1</sup>

**RESUMO:** Esse artigo buscou investigar a transição paradigmática na produção de cerveja artesanal impulsionada pela incorporação de tecnologias da Indústria 4.0, especificamente a Inteligência Artificial e a automação. O estudo analisa as implicações dessa mudança para a ontologia do produto "artesanal" e para as relações laborais no setor. A metodologia empregada consistiu em uma revisão bibliográfica integrativa e análise documental, utilizando a Construção Social da Tecnologia (SCOT) e a Teoria Ator-Rede (TAR) para confrontar as classificações técnicas do BJCP 2021 com problemas produtivos reais. Os resultados indicam que a introdução de algoritmos opacos (caixas pretas) desloca a agência do mestre cervejeiro para sistemas computacionais, favorecendo a homogeneização cultural e a desresponsabilização ética. O estudo conclui defendendo uma ética da técnica que revalorize o saber prático humano e propõe um modelo de inteligência híbrida para mitigar a precarização do trabalho especializado.

**Palavras-chave:** Cerveja artesanal. Inteligência Artificial. Ética Algorítmica.

**ABSTRACT:** This article aims to investigate the paradigm shift in craft beer production driven by the incorporation of Industry 4.0 technologies, specifically Artificial Intelligence and automation. The study analyzes the implications of this change for the ontology of the "craft" product and for labor relations in the sector. The methodology employed consisted of an integrative literature review and documentary analysis, using the Social Construction of Technology (SCOT) and Actor-Network Theory (ANT) to confront the technical classifications of the BJCP 2021 with real production problems. The results indicate that the introduction of opaque algorithms (black boxes) shifts agency from the brewmaster to computational systems, favoring cultural homogenization and ethical disengagement. The study concludes by defending an ethics of technique that revalues human practical knowledge and proposes a hybrid intelligence model to mitigate the precariousness of specialized labor.

**Keywords:** Craft Beer. Artificial Intelligence. Algorithmic Ethics.

---

<sup>1</sup> Aluno de Pós-graduação, Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

**RESUMEN:** Este trabajo investiga la transición paradigmática en la producción de cerveza artesanal impulsada por la incorporación de tecnologías de la Industria 4.0, específicamente la Inteligencia Artificial y la automatización. El estudio analiza las implicaciones de este cambio para la ontología del producto "artesanal" y para las relaciones laborales en el sector. La metodología empleada consistió en una revisión bibliográfica integradora y análisis documental, utilizando la Construcción Social de la Tecnología (SCOT) y la Teoría del Actor-Red (ANT) para confrontar las clasificaciones técnicas del BJCP 2021 con problemas productivos reales. Los resultados indican que la introducción de algoritmos opacos (cajas negras) tiende a desplazar la agencia del maestro cervecero hacia sistemas computacionales, favoreciendo la homogeneización cultural y la desresponsabilización ética. El estudio concluye defendiendo una ética de la técnica que revalorice el saber práctico humano y propone un modelo de inteligencia híbrida para mitigar la precarización del trabajo especializado.

**Palabras clave:** Cerveza Artesanal. Inteligencia Artificial. Ética Algorítmica.

## 1 INTRODUÇÃO

A cerveja transcende a definição simplista de um produto de consumo alcoólico; ela se constitui historicamente como um dos artefatos biotecnológicos e culturais mais longevos e complexos da civilização humana. Desde os sumérios até os mosteiros medievais, a produção desta bebida representou um amálgama entre a agricultura, o domínio empírico de processos fermentativos invisíveis e rituais de socialização fundamentais. Durante milênios, a atividade cervejeira permaneceu sob o domínio estrito da *téchnē* conceito grego explorado por Pequeno (2020) que designa o saber-fazer manual, intuitivo, guiado pela virtude do artesão, onde o erro e o acerto moldavam a identidade regional e única do produto.

No entanto, o século XXI impõe uma ruptura paradigmática a essa tradição. O renascimento global da "cerveja artesanal" (craft beer), fenômeno que ganhou força nas últimas décadas como uma resposta cultural à homogeneização da indústria de massa, encontra-se hoje em um paradoxo intrínseco. Embora o discurso de marketing do setor valorize o "feito à mão" e a conexão humana, a realidade do chão de fábrica enfrenta a necessidade imperativa de consistência físico-química, escalabilidade e eficiência econômica típicas do capitalismo tardio (SANTOS, 2023). É neste cenário de tensão que a indústria cervejeira contemporânea se torna um campo fértil e crítico para a aplicação de tecnologias da Indústria 4.0, notadamente a Inteligência Artificial (IA) e a automação avançada.

O que antes dependia exclusivamente do paladar treinado, do olfato apurado e da experiência tácita de um mestre cervejeiro, agora passa a ser progressivamente mediado ou até substituído por sensores de precisão conectados à Internet das Coisas (IoT) e por algoritmos de Aprendizado de Máquina (Machine Learning). Conforme demonstrado nos experimentos de

Pereira (2021; 2024), Redes Neurais Artificiais já são capazes de processar gigabytes de dados sensoriais para classificar estilos e prever a aceitação de receitas com uma precisão que desafia a capacidade humana. A "arte" da fermentação, anteriormente guiada pela sensibilidade, está sendo traduzida em vetores numéricos e código binário, operando sob a lógica da otimização matemática.

A presente pesquisa justifica-se pela necessidade urgente de compreender as implicações profundas e multifacetadas dessa transformação tecnológica. Não se trata apenas de uma mudança instrumental de ferramentas – trocar uma pá de mostura por um braço mecânico –, mas de uma alteração na própria natureza do trabalho e na ontologia do produto "artesanal". Apoiando-se na análise de Marconi Pequeno (2020), observa-se que a transição da técnica clássica para a tecnologia moderna e, posteriormente, para a tecnocracia, carrega consigo dilemas éticos profundos sobre o controle, a autonomia humana e a desumanização dos processos criativos. Quando a decisão sobre o perfil de amargor de uma IPA é delegada a um algoritmo de recomendação, ocorre um deslocamento da agência moral e estética do sujeito para o objeto técnico.

Sob a ótica dos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia (CTS), especificamente através da Teoria Ator-Rede de Bruno Latour (1987), este fenômeno pode ser lido como a criação de novas "caixas pretas". Se antes a fermentação era uma caixa preta biológica (o trabalho invisível das leveduras), a IA introduz uma "caixa preta algorítmica", onde os processos decisórios tornam-se opacos e inescrutáveis. O mestre cervejeiro corre o risco de se tornar um mero operador de sistemas cujos critérios internos ele desconhece, alienando-se do fruto de seu trabalho.

O problema de pesquisa que norteia este estudo é, portanto, complexo: Em que medida a adoção de Inteligência Artificial e automação na produção de cerveja artesanal reconfigura a identidade do produtor, a ética do processo criativo e a estrutura do mercado de trabalho no setor?

A hipótese central defendida neste trabalho é a de que a tecnologia, ao atuar como uma caixa preta de alta eficiência, obscurece os processos decisórios e desloca a agência humana para sistemas não-humanos. Isso cria um ambiente de alta performance técnica resolvendo os gargalos produtivos de falibilidade humana apontados por Santos (2023) –, mas gera uma fragilidade ética e cultural, onde a subjetividade do gosto é substituída pela objetividade estatística e onde o saber tradicional é marginalizado.

Para validar essa hipótese e responder ao problema, este trabalho adota uma abordagem multidisciplinar e integrativa. A investigação une a análise técnica da engenharia de dados e redes neurais (baseada em PEREIRA, 2021; 2024) à sociologia da tecnologia (utilizando a teoria SCOT de BIJKER; HUGHES; PINCH, 1987) e à ética aplicada (dialogando com ROSSETTI; ANGELUCI, 2021 e LOPES; MENDES, 2023).

Os objetivos específicos delineados para esta pesquisa são: (1) Analisar a construção social e técnica do conceito de "estilo de cerveja" através da normatização do guia BJCP, entendendo-o como um banco de dados para a IA; (2) Mapear os problemas reais de produção em microcervejarias brasileiras que servem como justificativa econômica para a automação; (3) Investigar o funcionamento das Redes Neurais Artificiais na classificação de estilos, desvelando a lógica matemática por trás do "gosto"; e (4) Discutir criticamente os impactos da automação na empregabilidade, na diversidade cultural e na ética algorítmica, confrontando a promessa de eficiência com o risco da homogeneização.

## 2 MARCO TEÓRICO: A TECNOLOGIA SOB O OLHAR DA FILOSOFIA E DA SOCIOLOGIA

Para evitar o determinismo tecnológico a ideia de que a tecnologia segue uma linha evolutiva autônoma, linear e inevitável, é fundamental estabelecer um alicerce teórico robusto que compreenda a técnica como um fenômeno essencialmente social e humano.

4

### 2.1 A DISTINÇÃO ENTRE TÉCNNĒ E TECNOLOGIA MODERNA

A análise filosófica da técnica é o ponto de partida para entender o que se perde e o que se ganha com a automação na cervejaria. Baseando-nos em Marconi Pequeno (2020), retornamos ao conceito grego de *téchnē*. Na antiguidade clássica, a técnica não era separada da arte ou da ética; ela constituía um saber prático (know-how) guiado pela virtude, destinado a produzir algo útil e belo para a pólis. O artesão, neste contexto, detinha o controle total sobre o processo e o resultado, havendo uma conexão íntima entre o criador e a criatura.

Pequeno (2020) argumenta que a modernidade rompeu essa unidade orgânica. A tecnologia tornou-se a aplicação sistemática e racional da ciência à técnica, visando a eficiência máxima, o lucro e o domínio da natureza. No contexto atual, essa lógica evoluiu para a tecnocracia: o governo da técnica, onde os meios (os algoritmos, as máquinas, os dados) tornam-se fins em si mesmos, subjugando a agência humana.

Conforme destaca o autor:

A técnica (téchné) pensada pelos filósofos gregos antigos representava o fazer necessário baseado na aptidão e na destreza. [...] Esse seu emprego foi desvirtuado a partir da modernidade, momento em que a técnica foi incorporada pela tecnologia até atingir seu paroxismo no mundo contemporâneo sob a forma de tecnocracia (PEQUENO, 2020, p. 39).

Na produção cervejeira, essa tensão é palpável. Existe um conflito entre o mestre cervejeiro que "sente" a fermentação através de provas sensoriais e o sistema automatizado que "controla" a fermentação através de parâmetros numéricos rígidos. A virtude do artesão (a prudência, a paciência) é substituída pela precisão fria do sensor e do código. A poiesis (criação) dá lugar à produção serializada.

## 2.2 A CONSTRUÇÃO SOCIAL DOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS (SCOT)

Para compreender como a IA entra e se estabelece na cervejaria, utilizamos a abordagem SCOT (Social Construction of Technology), delineada por Bijker, Hughes e Pinch (1987). Esta teoria sociológica postula que os artefatos tecnológicos não possuem propriedades fixas ou inerentes que garantem seu sucesso; eles são moldados pelas interações complexas de "Grupos Sociais Relevantes".

No caso em estudo, podemos identificar diversos grupos com interesses conflitantes ou convergentes que disputam a definição do que é "cerveja de qualidade":

- **Mestres Cervejeiros Tradicionais:** Buscam ferramentas para evitar erros, mas temem a perda da autoralidade e a "robotização" de sua arte.
- **Consumidores:** Desejam qualidade e novidade constante, mas valorizam a narrativa romântica do "feito à mão" e do "local".
- **Engenheiros de Software e Cientistas de Dados:** Enxergam a cerveja como um conjunto de vetores de dados a ser otimizado e classificado.
- **Órgãos Reguladores e de Certificação (Ex: BJCP):** Estabelecem as normas taxonômicas que a tecnologia deve seguir para validar o produto.

Bijker (1987) introduz o conceito fundamental de "Flexibilidade Interpretativa". Uma cerveja do estilo IPA não é a mesma coisa para todos esses grupos. Para a Inteligência Artificial, a IPA é um vetor numérico onde o IBU (International Bitterness Unit) é maior que 40 e a cor está dentro de um espectro específico. Para o consumidor, é uma experiência sensorial de amargor e aroma cítrico.

A estabilização da tecnologia ocorre quando um desses significados se torna hegemônico, processo conhecido como "fechamento" (closure). Atualmente, a digitalização da produção está forçando uma estabilização baseada em dados quantitativos (a visão dos engenheiros e do

BJCP), o que pode excluir interpretações mais subjetivas, culturais ou históricas da bebida. O risco reside no fato de que a tecnologia, ao ser construída socialmente por grupos tecnocráticos, pode marginalizar o saber tradicional.

### 2.3 A CIÊNCIA EM AÇÃO: CAIXAS PRETAS E TRANSLAÇÃO

A contribuição de Bruno Latour em *Science in Action* (1987) é vital para aprofundar nossa análise sobre a opacidade dos sistemas. Latour descreve o processo científico e tecnológico como a criação de "caixas pretas" (black boxes). Uma caixa preta é um sistema complexo cujo funcionamento interno é ignorado ou tomado como certo, focando-se apenas nas entradas (inputs) e saídas (outputs).

O autor nos convida a abrir essas caixas:

We will follow scientists and engineers at the times and at the places where they plan... Instead of black boxing the technical aspects, we open them (LATOUR, 1987, p. 4).

Na produção tradicional de cerveja, a fermentação já era, historicamente, uma "caixa preta biológica" os cervejeiros antigos não viam as leveduras, apenas manipulavam o mosto e obtinham a cerveja. A ciência moderna (Pasteur) abriu essa caixa. Contudo, a introdução da IA cria uma nova e mais hermética "caixa preta algorítmica".

Quando um software de recomendação, como o analisado por Pereira (2024), sugere a adição de lúpulo Citra para maximizar a aceitação do mercado, o cervejeiro muitas vezes não sabe por que a sugestão foi feita. A decisão foi baseada em tendências de redes sociais? Em histórico de vendas? Em análise química? Ele apenas aceita o output. Latour nos alerta que, quanto mais caixas pretas aceitamos sem questionar, mais nos tornamos dependentes de redes sociotécnicas que não controlamos. A IA torna-se, assim, um ator não-humano com poder de agência efetiva dentro da fábrica, alterando a dinâmica de poder.

## 3 O CONTEXTO DA PRODUÇÃO ARTESANAL: NORMAS E FRAGILIDADES

Antes de analisar a solução tecnológica proposta pela Indústria 4.0, é imperativo compreender a estrutura normativa e os problemas materiais que caracterizam o chão de fábrica do setor cervejeiro artesanal hoje.

### 3.1 O GUIA BJCP COMO ARTEFATO DE NORMATIZAÇÃO E DADOS

A produção de cerveja contemporânea não é um vale-tudo criativo; ela é altamente codificada e normatizada. O principal instrumento global dessa codificação é o guia do Beer

Judge Certification Program (BJCP). A edição de 2021, analisada para este trabalho, define centenas de estilos com precisão cirúrgica, servindo como a base de dados fundamental para qualquer sistema de IA na área.

Cada estilo no guia é descrito por uma estrutura rígida:

- Impressão Geral: Texto descritivo subjetivo.
- Aroma, Aparência, Sabor, Sensação na Boca: Parâmetros qualitativos detalhados.
- Estatísticas Vitais: Parâmetros quantitativos (Densidade Inicial - OG, Densidade Final - FG, Amargor - IBU, Cor - SRM, Álcool - ABV).

Por exemplo, o estilo New Zealand Pilsner é definido taxonomicamente como tendo "caráter de lúpulo suave, aroma floral ou de especiarias" e estatísticas de IBU obrigatoriamente entre 25 e 45 (BJCP, 2021).

Para a Inteligência Artificial, o BJCP deixa de ser um manual de consulta e torna-se um Dataset estruturado. Ele fornece a "Verdade Fundamental" (Ground Truth) necessária para o Aprendizado Supervisionado. Sem essa normatização rígida, seria impossível treinar redes neurais para "entender" cerveja. No entanto, essa codificação também impõe limites à inovação. Cervejas que fogem desses parâmetros como estilos experimentais brasileiros com frutas não catalogadas ou fermentações espontâneas imprevisíveis tornam-se "invisíveis", "ruídos" ou "erros" para o sistema computacional, revelando o viés normativo da tecnologia.

7

### 3.2 A REALIDADE DO CHÃO DE FÁBRICA: PROBLEMAS E GARGALOS PRODUTIVOS

A romantização do termo "artesanal" muitas vezes esconde uma realidade operacional dura e financeiramente arriscada. Thaisa Lima dos Santos (2023), em seu estudo de caso intitulado "Problemas no Processo de Produção de Cerveja Artesanal", realizado com fabricantes em Sergipe, expõe as fragilidades inerentes à produção humana não automatizada.

Utilizando a escala Likert para quantificar as dores dos produtores, Santos (2023) identificou gargalos críticos onde a falibilidade humana gera prejuízo:

- Falhas no Envase: A oxidação prematura da cerveja devido a equipamentos manuais inadequados ou erro do operador é frequente, comprometendo a estabilidade do produto (SANTOS, 2023, p. 45).
- Controle de Temperatura: A fermentação exige controle rigoroso (ex: manter 18°C constantes por dias). Variações causadas por esquecimento humano ou falta de automação geram off-flavors (sabores defeituosos como diacetil ou acetaldeído).

- **Gestão de Insumos:** Há dificuldade em obter insumos com custos viáveis e de forma rápida, além do desperdício significativo de matéria-prima cara (lúpulo importado) por erros de dosagem manual.
- **Mão de Obra:** A autora destaca a dificuldade crônica em "treinar e conseguir mão de obra especializada" (SANTOS, 2023, p. 73).

Esses dados empíricos são cruciais para a nossa análise. Eles mostram que a introdução da IA e da automação não é apenas um capricho modernista ou uma imposição da indústria de tecnologia, mas uma resposta a dores econômicas reais das microcervejarias. O cervejeiro artesanal adota a tecnologia para sobreviver à ineficiência de seus próprios processos manuais. A automação surge, portanto, como a solução técnica para a "falibilidade" humana, prometendo uma produção asséptica e livre de erros um ideal tecnocrático sedutor.

#### 4 A REVOLUÇÃO SILENCIOSA: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA CERVEJARIA

Este capítulo dedica-se a abrir a "caixa preta" técnica, explicando como as soluções de IA são construídas e aplicadas, baseando-se nos trabalhos experimentais e de revisão de Diogo Costa Pereira. A compreensão do mecanismo é vital para a crítica ética subsequente.

##### 4.1 REDES NEURAI ARTIFICIAIS (RNA) NA CLASSIFICAÇÃO DE ESTILOS

No artigo "Reconhecendo Estilos de Cerveja com uma Rede Neural Artificial", Pereira (2021) demonstra a viabilidade técnica de substituir ou ampliar o julgamento humano por algoritmos. O autor utilizou o conceito de Redes Neurais Artificiais (RNA), sistemas computacionais inspirados na arquitetura biológica do cérebro humano.

A metodologia do experimento revela a transição do sensorial para o matemático:

- **Coleta de Dados:** Utilização dos parâmetros brutos do BJCP (IBU, Cor, Álcool) como variáveis de entrada.
- **Pré-processamento:** Normalização dos dados para que valores díspares (ex: IBU de 40 e ABV de 0,05) possam ser processados pela rede na mesma escala.
- **Arquitetura da Rede:** Uso do framework Encog 3.4. A rede foi desenhada com uma camada de entrada (recebendo os dados químicos), camadas ocultas (onde ocorre o processamento sináptico artificial e a extração de características) e uma camada de saída (o estilo identificado).
- **Treinamento:** Utilização do algoritmo de retropropagação (Backpropagation) e Resilient Propagation (RPROP). A rede "chuta" um resultado, compara com o gabarito do BJCP,

calcula o erro matemático e ajusta seus pesos internos (sinapses) para diminuir esse erro na próxima tentativa.

Pereira (2021) relata que a rede obteve sucesso significativo em reconhecer estilos complexos e distinguir entre grupos próximos que confundiriam um humano destreinado.

Os resultados dos dois testes realizados neste trabalho foram bastante positivos, uma vez que a rede neural além de reconhecer todos os estilos de cervejas conseguiu distinguir os estilos de quatro grupos simultâneos (PEREIRA, 2021, p. 8).

Isso significa que a "arte" de identificar um estilo, que leva anos de estudo e degustação para um sommelier humano dominar, foi codificada em uma matriz de pesos matemáticos e executada em questão de milissegundos.

#### 4.2 ALGORITMOS DE RECOMENDAÇÃO: A MATEMÁTICA DO GOSTO

Em um segundo estudo, "Cerveja e Machine Learning: Recommending Beer Styles", Pereira (2024) avança da classificação para a recomendação preditiva. Aqui, o objetivo é prever o desejo do consumidor e guiar a produção.

O autor emprega duas técnicas fundamentais da Ciência de Dados e Processamento de Linguagem Natural (PLN):

- TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency): Esta técnica de mineração de texto analisa as descrições sensoriais do BJCP. Ela calcula a importância estatística de palavras como "frutado", "seco", "torrado" ou "amargo" dentro de cada descrição de estilo. Isso transforma a linguagem subjetiva humana em vetores numéricos multidimensionais.
- Distância Euclidiana: Com os estilos transformados em coordenadas matemáticas no hiperespaço, o algoritmo calcula a distância geométrica linear entre eles. Se um consumidor gosta de uma American IPA, o algoritmo busca qual outro estilo está "perto" geometricamente no espaço vetorial (talvez uma Double IPA ou uma American Pale Ale).

Essa abordagem representa a quantificação radical da subjetividade. O gosto pessoal, influenciado por cultura, memória e contexto, é reduzido a uma fórmula de proximidade geométrica. Embora eficiente para vendas e marketing direcionado, isso levanta questões ontológicas sobre se a máquina está realmente recomendando sabor ou apenas reproduzindo padrões estatísticos de palavras-chave, criando uma simulação de entendimento.

### 4.3 AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS E A ELIMINAÇÃO DO ERRO HUMANO

Integrando os achados de Santos (2023) sobre os problemas de produção com as possibilidades da IA descritas por Pereira (2021; 2024), vislumbra-se a consolidação da "Cervejaria 4.0". Sensores de densidade digitais conectados a sistemas de IA podem monitorar a curva de fermentação em tempo real, ajustando a temperatura do tanque automaticamente e eliminando o problema de variabilidade citado por Santos. Sistemas de visão computacional podem inspecionar garrafas no envase em alta velocidade, rejeitando aquelas com níveis de oxigênio inadequados.

Essa integração resolve os problemas de consistência e desperdício, aumentando a sustentabilidade econômica. No entanto, ela também remove o operador humano do ciclo de feedback. O cervejeiro deixa de "pilotar" a brassagem, sentindo os aromas e ajustando o fogo, e passa a "monitorar" telas e painéis de controle da IA. Ocorre um distanciamento fenomenológico entre o trabalhador e sua obra.

## 5 IMPLICAÇÕES ÉTICAS, SOCIAIS E LABORAIS

A análise sociotécnica não estaria completa sem examinar as consequências humanas e sociais dessa revolução tecnológica. A eficiência não deve ser o único critério de avaliação do progresso no setor.

### 5.1 O FUTURO DO TRABALHO: SUBSTITUIÇÃO, POLARIZAÇÃO E DESIGUALDADE

Thainá Santos de Oliveira (2025), em "Impacto da Inteligência Artificial e da Automação no Mercado de Trabalho", fornece a base teórica para entendermos o impacto laboral dessa transição. A autora destaca que a automação tende a substituir não apenas tarefas rotineiras e perigosas, mas avança também sobre tarefas cognitivas analíticas.

No contexto da cervejaria, observamos uma substituição em duas frentes:

- Trabalho Braçal: O carregamento de sacos de malte, a limpeza química de tanques (CIP) e o envase são progressivamente automatizados por robótica e sistemas de fluxo contínuo.
- Trabalho Cognitivo: A formulação de receitas, o ajuste de amargor e o controle de qualidade sensorial são assumidos por IAs, como demonstrado pelos algoritmos de Pereira (2021).

Oliveira (2025, p. 5) alerta para o fenômeno da polarização e do aumento da desigualdade. O mercado passa a exigir uma "requalificação" (upskilling) que não é acessível a todos os trabalhadores. O auxiliar de produção que perde o emprego para a máquina de envase não se torna automaticamente um cientista de dados capaz de programar a máquina.

O estudo destaca a crescente necessidade de qualificação profissional... Enquanto as classes mais altas têm acesso a melhores oportunidades de capacitação, trabalhadores de classes mais baixas enfrentam dificuldades para se reposicionar (OLIVEIRA, 2025, p. 1).

Isso pode levar a uma elitização severa do setor cervejeiro, onde apenas engenheiros, programadores e bio-tecnólogos têm lugar legítimo, excluindo os artesãos tradicionais e trabalhadores manuais que detêm o conhecimento prático e histórico, mas não o letramento digital necessário para operar as novas "caixas pretas".

## 5.2 ÉTICA ALGORÍTMICA: OPACIDADE, VIÉS E RESPONSABILIDADE

A inserção de algoritmos decisórios na produção cultural e alimentícia traz à tona a disciplina da "Ética Algorítmica". Regina Rossetti e Alan Angeluci (2021) discutem três pilares críticos que se aplicam perfeitamente ao nosso objeto de estudo:

1. Opacidade (Black Box): Se uma rede neural decide alterar a temperatura de fermentação e o lote estraga ou muda de perfil, como auditar a decisão? As redes neurais profundas (Deep Learning) são muitas vezes inescrutáveis até para seus criadores devido à complexidade das camadas ocultas. Isso gera uma crise de responsabilidade (accountability). Quem é o culpado: o mestre cervejeiro que confiou na máquina ou o programador que desenhou o algoritmo?
2. Viés (Bias): Carolina Lopes e Júlia Mendes (2023) enfatizam que os algoritmos aprendem com dados históricos e reproduzem padrões. Se o BJCP e os dados de consumo utilizados para treinar a IA refletem um gosto historicamente eurocêntrico ou norte-americano (com dominância de lúpulos e maltes do hemisfério norte), a IA terá um viés inerente contra ingredientes locais brasileiros. Frutas do cerrado, madeiras amazônicas ou leveduras nativas podem ser classificadas como "defeitos" ou "fora do estilo" pelo algoritmo, desincentivando a produção local.
3. Discriminação e Bolhas: A recomendação algorítmica pode criar bolhas de consumo, sugerindo apenas produtos que maximizam o lucro ou que possuem muitos dados históricos, marginalizando pequenos produtores inovadores que não estão "datificados" nas grandes plataformas.

Conforme alertam as autoras:

A ética dos algoritmos não é uma questão que será solucionada apenas através de uma abordagem tecnológica; essa temática envolve também assuntos sociais e políticos (LOPES; MENDES, 2023, p. 220).

### 5.3 O DILEMA DA AUTENTICIDADE: COLONIALISMO DE DADOS E CULTURA

Por fim, retornamos à filosofia da técnica e à questão da identidade. Se a IA define o que é uma "boa cerveja" baseada exclusivamente em estatísticas de manuais internacionais, corremos o risco de um "colonialismo algorítmico". A técnica local, a variação sazonal dos ingredientes, o "erro" humano que cria um novo estilo (como aconteceu historicamente com as Lambics belgas ou as Porters inglesas) são eliminados em prol da eficiência estatística e da padronização global.

A automação busca a padronização absoluta, mas a alma da cerveja artesanal reside na sua idiossincrasia e na sua conexão com o terroir. A tecnologia, ao otimizar o processo ao extremo, pode acabar por esterilizar o produto, criando bebidas tecnicamente perfeitas, livres de off-flavors, mas culturalmente vazias e desconectadas da mão humana que lhes dava significado.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A trajetória investigativa percorrida neste estudo, partindo das teorias sociológicas da construção da tecnologia, passando pela abertura das caixas pretas das redes neurais artificiais e chegando aos dilemas do chão de fábrica, revela um panorama complexo e multifacetado. A Inteligência Artificial na cervejaria artesanal não pode ser vista apenas como uma ferramenta neutra de produtividade; ela atua como um agente ativo de transformação ontológica e social.

Respondendo ao problema de pesquisa proposto, conclui-se que a IA e a automação reconfiguram a identidade do produtor ao deslocar a competência central da sensibilidade sensorial e da intuição para a análise de dados e supervisão de sistemas. Elas introduzem dilemas éticos inéditos sobre viés de dados e opacidade decisória que o setor ainda não está preparado para enfrentar regulatoriamente. Além disso, ameaçam a estrutura de trabalho tradicional através da substituição tecnológica, exigindo uma requalificação que pode ser excludente.

As evidências técnicas trazidas por Pereira (2021; 2024) demonstram que a máquina pode realizar o trabalho cognitivo do mestre cervejeiro em termos de classificação e recomendação com alta precisão. Por outro lado, os dados de produção levantados por Santos (2023) mostram

que há uma demanda econômica real e urgente por essa substituição para mitigar falhas humanas e garantir a sobrevivência das microcervejarias. Contudo, a análise ética fundamentada em Rossetti (2021), Lopes (2023) e Pequeno (2020) adverte que o custo dessa eficiência operacional pode ser a perda da essência humana, cultural e artística da cerveja.

Diante desse cenário, este estudo não propõe uma rejeição ludista da tecnologia, mas defende a necessidade de uma abordagem híbrida e crítica. As microcervejarias devem adotar a tecnologia sob a ótica da "transparência", e não da "caixa preta". O mestre cervejeiro do futuro deve ser formado como um "centauro": metade humano intuitivo, detentor da técnica e da ética, e metade analista de dados, capaz de usar a IA como ferramenta de suporte à decisão, mas mantendo as rédeas do processo criativo. A tecnologia deve servir para ampliar a criatividade humana (Augmented Intelligence), e não para suprimir a virtude do fazer que justifica o próprio nome "artesanal".

## REFERÊNCIAS

BIJKER, Wiebe E.; HUGHES, Thomas P.; PINCH, Trevor J. (Eds.). **The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology**. Cambridge: MIT Press, 1987.

BJCP. **Beer Judge Certification Program: Guia de Estilos 2021**. Tradução de Gordon Strong et al. Disponível em: <https://www.bjcp.org/wp-content/uploads/2013/10/bjcp-2021-pt-br-1.1.pdf>. Acesso em: 24 out 2025.

LATOUR, Bruno. **Science in Action: How to follow scientists and engineers through society**. Cambridge: Harvard University Press, 1987.

LOPES, Carolina de Melo Nunes; MENDES, Júlia Castro. Ética e inteligência artificial: desafios e melhores práticas. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 30, p. 218-245, 2023.

OLIVEIRA, Thainá Santos de. Impacto da inteligência artificial e da automação no mercado de trabalho. **Revista Científica Acertte**, v. 5, n. 1, e51216, 2025.

PEQUENO, Marconi. Técnica, tecnologia e dilemas éticos. **Revista Dialectus**, Fortaleza, n. 17, p. 39, 2020.

PEREIRA, Diogo Costa. Reconhecendo estilos de cerveja com uma rede neural artificial. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 2, n. 4, e24200, 2021.

PEREIRA, Diogo Costa. Cerveja e Machine Learning: Recommending Beer Styles. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 10, n. 7, 2024.

ROSSETTI, Regina; ANGELUCI, Alan. Ética Algorítmica: questões e desafios éticos do avanço tecnológico da sociedade da informação. **Galáxia**, São Paulo, n. 46, p. 1-18, 2021.

Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. São Paulo, v. 12, n. 4, abr. 2026.

ISSN: 2675-3375

SANTOS, Thaisa Lima dos. **Problemas no processo de produção de cerveja artesanal**: estudo de caso de um fabricante em Sergipe. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2023.