



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
ISSN: 2238-6424
Nº. 28 – Ano XIII – 10/2025
<<https://revistas.ufvjm.edu.br/vozes>>
DOI: <<https://doi.org/10.70597/vozes.v13i28.1041>>

Otimização do processo produtivo em uma cervejaria artesanal: Estudo de caso com aplicação de BPMN e análise de eficiência operacional

Helen dos Santos Andrade

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Discente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia – ICET
Teófilo Otoni/MG – Brasil
<<http://lattes.cnpq.br/2818330336342440>>
E-mail: helen.andrade@ufvjm.edu.br

Cryslan Rayffer Soares Santos

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Discente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia – ICET
Teófilo Otoni/MG – Brasil
E-mail: cryslan.rayffer@ufvjm.edu.br

Carolina Coelho Martuscelli Castañon

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Docente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia – ICET
Teófilo Otoni/MG – Brasil
<<http://lattes.cnpq.br/3992383846731653>>
E-mail: carolina.martuscelli@ufvjm.edu.br

José Americo Fernandes de Souza

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Docente do Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia – ICET
Teófilo Otoni/MG – Brasil
<<http://lattes.cnpq.br/3992383846731653>>
E-mail: americo.fernandes@ufvjm.edu.br

Resumo: O setor de cervejarias artesanais no Brasil apresenta um crescimento impulsionado pela demanda por produtos diferenciados e de qualidade. Nesse cenário, a gestão eficiente dos processos produtivos é fundamental para aumentar a competitividade das microcervejarias. Este trabalho analisa o processo de produção de uma microcervejaria localizada em Teófilo

Otoni, Minas Gerais, utilizando o mapeamento de processos por meio da notação BPMN no software Bizagi Modeler. O estudo, conduzido a partir de observações diretas e entrevistas com os colaboradores da fábrica, identificou gargalos relacionados ao uso da panela Single Vessel, que limitam a produtividade a duas brassagens diárias. Como alternativa, foi avaliado o uso da panela Tribloco, cuja estrutura permite a execução simultânea de etapas, aumentando a eficiência da brassagem e reduzindo o consumo de insumos. Os resultados demonstram o poder da modelagem de processos como ferramenta de apoio à tomada de decisão em pequenas indústrias, propondo um aumento potencial de 50% na capacidade produtiva diária.

Palavras-chave: Microcervejaria. Mapeamento de Processos. BPMN. Eficiência Operacional. Produção Cervejeira.

1 Introdução

Nas últimas décadas a indústria cervejeira artesanal no Brasil tem experimentado um aumento significativo, sobretudo impulsionado pela busca dos consumidores por produtos com características sensoriais diversas e de maior qualidade ([Barbosa, 2023](#)). Esse cenário cada vez mais dinâmico e promissor tem estimulado a expansão de microcervejarias em todo o país, colocando em evidência um mercado com grande potencial lucrativo e em constante evolução ([Batista, 2021](#)).

O setor cervejeiro brasileiro tem apresentado crescimento expressivo nas últimas décadas, consolidando-se como um segmento relevante da indústria nacional. De acordo com dados oficiais, em 2024 o número de cervejarias registradas no país alcançou 1.949 estabelecimentos, resultado da abertura de 102 novas unidades, o que representou um crescimento de 5,5% em relação ao ano anterior. Quando analisado o período compreendido entre 2000 e 2024, observa-se um avanço acumulado de 4.772,5% no número de estabelecimentos registrados, evidenciando a expansão acelerada e contínua do setor no Brasil ([BRASIL, 2025](#)).

Neste contexto, o presente estudo aborda a otimização do processo produtivo em uma micro-cervejaria localizada em Teófilo Otoni, Minas Gerais, com a finalidade de analisar seus fluxos de trabalho e avaliar a eficiência operacional da produção. A escolha por este tema se justifica pela relevância de se aprimorar a gestão e a eficiência em pequenas indústrias, especialmente aquelas que almejam expandir a sua atuação no mercado B2B (Business to Business), o que exige um aumento da padronização de processos ([Entringer, 2019](#)).

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar o processo produtivo de uma micro-cervejaria, identificando gargalos e propondo melhorias para otimizar sua eficiência operacional. Para alcançar este objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos: mapear e analisar o processo produtivo dos chopes artesanais da fábrica; identificar gargalos e desperdícios presentes e, quando aplicável, propor melhorias para aumentar a eficiência e reduzir os desperdícios.

O processo de fabricação de cerveja, embora aparentemente linear, envolve uma série de etapas complexas que, se não forem cuidadosamente controladas, podem impactar a qualidade final do produto e a eficiência da produção ([Batista, 2021](#)). Melhorias alcançadas em termos

de eficiência da produção podem reverter em vantagem competitiva para empresas do setor de manufatura (Fernandes; Godinho Filho, 2010), o que torna a identificação de gargalos uma atividade primordial para o crescimento de indústrias.

2 Referencial Teórico

2.1 Mapeamento de Processos

O mapeamento de processos é uma ferramenta necessária para visualizar e documentar os fluxos de trabalho de uma organização, permitindo a identificação de etapas, responsabilidades e oportunidades de melhoria (Entringer, 2019). Diversos trabalhos demonstram a aplicação dessa ferramenta no contexto cervejeiro. Batista (2021), por exemplo, utiliza um fluxograma para descrever as etapas do processo produtivo de uma cervejaria, incluindo: moagem, mosturação, filtração, fervura, tratamento do mosto, fermentação, maturação, clarificação, pasteurização e envase.

De maneira semelhante, Perrone (2024), apresenta os processos de fabricação dividindo-os em “parte quente” e “parte fria”, constituindo uma forma de mapeamento do fluxo de produção. Essa visualização contribui para o entendimento das sequências e interdependências das operações.

A aplicação do mapeamento de processos é importante para a identificação de pontos críticos, como desperdícios e gargalos. Na realidade da Engenharia de Produção, essa ferramenta permite uma análise detalhada do “como é” (as is) do processo atual, servindo como base para propor melhorias e otimizações futuras.

2.2 Processo de Produção Cervejeira

O processo de produção de cerveja é uma sequência de etapas que transformam matérias-primas básicas em uma bebida complexa e de características sensoriais específicas. Embora existam variações dependendo do tipo de cerveja e da escala de produção, as fases fundamentais são comuns. A seguir, são detalhadas as principais matérias primas utilizadas no processo de fabricação da cerveja.

2.2.1 Matérias Primas

Segundo Barbosa (2023), Batista (2021) e Perrone (2024), os principais insumos utilizados na fabricação da cerveja são: água, malte, lúpulo e levedura.

A água representa entre 90% a 95% do volume final da cerveja e sua qualidade, incluindo pH e composição mineral, influencia diretamente o sabor, aroma e aparência da bebida (Batista, 2021; Barbosa, 2023).

A correção da água (adição de sais), por sua vez, é uma etapa que garante a atividade enzimática e a acidez ideal (pH) para o estilo de cerveja desejado (Barbosa, 2023). Portanto, manter um pH abaixo de 6 na água utilizada é fundamental, visto que um meio ácido facilita a atividade enzimática e evita a extração indesejada de taninos (Ambev, 2011 apud Pimenta *et al.*

(2020)). Para [Barbosa \(2023\)](#), a água com alto teor de sulfato de cálcio pode resultar em cervejas de sabores mais amargos, enquanto estilos como a Pilsen exigem água de baixa dureza.

Já o malte de cevada (Figura 1) é a principal matéria-prima para a obtenção dos açúcares fermentáveis e contribui para a cor e o sabor da cerveja. O processo de malteação envolve a maceração, germinação e secagem, ativando a liberação de enzimas como a α -amilase e β -amilase, que convertem o amido em açúcares ([Batista, 2021](#)). As cascas do malte também atuam como camada filtrante na clarificação do mosto ([Barbosa, 2023](#)). A moagem correta do cereal é de grande relevância para produção de cerveja, pois uma granulometria inadequada pode comprometer a eficiência da extração de açúcares na mosturação e dificultar a filtração subsequente ([Barbosa, 2023](#)). As cascas do malte também atuam como camada filtrante na clarificação do mosto ([Curi, 2006](#)).

Figura 1 – Grãos de malte inteiros à esquerda e moídos à direita



Fonte: [Andrade et al. \(2023\)](#)

O lúpulo, por sua vez, confere o amargor e aroma à cerveja. O amargor de uma cerveja normalmente é expresso em Unidades Internacionais de Amargor - IBU (International Bitterness Units), onde 1 IBU é equivalente a 1 mg de iso- α -ácidos por litro de cerveja. Uma cerveja estilo “American Light Lager” geralmente apresentará entre 8 a 12 IBU, enquanto cervejas do estilo “Indian Pale Ale” podem apresentar mais de 45 IBU ([Durello; Silva; Bogusz, 2019](#)).

A levedura refere-se a um microrganismo unicelular, geralmente do gênero *Saccharomyces*, responsável pela fermentação alcoólica, convertendo açúcares em etanol e dióxido de carbono ([Batista, 2021](#)).

As cepas de levedura de alta fermentação são tipicamente usadas na produção de cervejas “Ale”, enquanto as de baixa fermentação são empregadas nas cervejas do tipo “Lager” ([Batista, 2021](#); [Barbosa, 2023](#)). A escolha da levedura impacta diretamente o sabor e o aroma da bebida, sendo a reutilização dessas culturas um método comum para otimizar o processo e reduzir custos ([Pimenta et al., 2020](#)).

2.2.2 Etapas do Processo Produtivo

Os processos de fabricação de cerveja podem ser categorizados em duas macrofases: a parte quente e a parte fria ([Perrone, 2024](#)).

A parte quente se inicia com a moagem do malte, etapa essencial para quebrar os grãos, expor o endosperma e, assim, facilitar a subsequente extração dos açúcares (Perrone, 2024; Batista, 2021). Em seguida, ocorre a mosturação (ou brassagem), onde o malte moído é misturado à água quente para hidratá-lo e ativar as enzimas responsáveis por hidrolisar o amido em açúcares fermentáveis (Perrone, 2024; Batista, 2021).

O processo avança para a filtração do mosto (clarificação), que consiste em separar o bagaço do malte (fase sólida) do mosto cervejeiro (fase líquida), geralmente por decantação ou filtração (Batista, 2021; Barbosa, 2023). Dentro dessa etapa, é comum a realização do sparge (lavagem de grãos) para extrair os açúcares residuais (??).

A parte quente é finalizada com a fervura e lupulagem. Nesta fase, o mosto é aquecido a aproximadamente 100 °C por cerca de 60 a 90 minutos, o que garante a inativação de enzimas, a esterilização, a concentração do líquido e a adição de lúpulo (Perrone, 2024; Batista, 2021; Perrone, 2024). Após a fervura, utiliza-se o processo de Whirlpool para concentrar as partículas sólidas no centro da panela, separando-as do mosto (Perrone, 2024).

A parte fria, por sua vez, começa com o resfriamento e a aeração do mosto. O líquido é resfriado rapidamente até a temperatura ideal de fermentação e aerado para fornecer o oxigênio necessário à propagação da levedura (Perrone, 2024). Na fermentação, as leveduras são inoculadas no mosto resfriado, convertendo os açúcares em álcool e dióxido de carbono (Batista, 2021). Esta etapa é crucial, pois contribui diretamente para o sabor e o aroma da cerveja, sendo que o tempo e a temperatura variam conforme o tipo de levedura e o estilo da bebida (Batista, 2021; Barbosa, 2023).

Após a fermentação primária, a cerveja passa pela maturação, onde é resfriada e transferida para uma etapa de desenvolvimento de sabores e aromas, além da clarificação e sedimentação de leveduras residuais (Barbosa, 2023). Na sequência, a clarificação da cerveja remove partículas em suspensão, como células de fermento, bactérias e substâncias coloidais, a fim de garantir uma aparência límpida e cristalina ao produto (Barbosa, 2023; Perrone, 2024).

Um tratamento térmico opcional, a pasteurização, é realizado para aumentar a estabilidade biológica e a vida útil da cerveja, inativando microrganismos deteriorantes (Barbosa, 2023). Por fim, o envase é a fase final, na qual a cerveja é acondicionada em barris, garrafas ou latas.

2.3 Modelagem de Processos e BPNM

O gerenciamento eficaz dos fluxos internos (informações, materiais, pessoas e recursos financeiros) é uma necessidade fundamental para que as organizações alcancem eficiência e se tornem competitivas, o que exige um conhecimento aprofundado dos próprios processos (Souza, 2014).

Nesse sentido, o mapeamento de processos caracteriza-se como uma metodologia que permite a representação de um processo ou setor na forma de diagrama, facilitando sua análise, avaliação e o seu redesenho, quando necessário (Cheung; Bal, 1998).

Para Entringer (2019), o mapeamento de processos é uma atividade de grande impacto para a gestão da produção, uma vez que auxilia na compreensão e padronização dos fluxos de trabalho.

Segundo [Melo et al. \(2013\)](#), a notação BPMN (Business Process Model and Notation) é uma linguagem gráfica internacional padronizada que possibilita modelar processos de negócios de forma clara e intuitiva. Ela oferece um modelo visual que facilita a comunicação entre os stakeholders e a análise de eficiência da operação.

A aplicação de ferramentas de mapeamento de processos no contexto cervejeiro é demonstrada em diversos trabalhos. [Batista \(2021\)](#), por exemplo, utiliza um fluxograma tradicional para descrever as etapas do processo produtivo de uma cervejaria. De maneira semelhante, [Perrone \(2024\)](#) apresenta os processos de fabricação dividindo-os em “parte quente” e “parte fria”, o que constitui uma forma de mapeamento do fluxo de produção. Essa visualização é fundamental, pois contribui para o entendimento das sequências e interdependências das operações.

2.4 Gestão da Produção e Eficiência Operacional

A gestão da produção é a área responsável por planejar, organizar e controlar os processos produtivos de uma organização, visando à eficiência e competitividade. Segundo [Entringer \(2019\)](#), a eficiência operacional, foco deste trabalho, refere-se à capacidade de uma empresa de produzir bens ou serviços com o menor consumo de recursos, como tempo, material e mão de obra. No contexto de microcervejarias, essa eficiência está associada à otimização das bateladas, à redução de perdas de insumos e à diminuição do tempo de ciclo e do lead time de produção.

Nesta mesma ótica, o Lean Manufacturing, ou Manufatura Enxuta, é uma filosofia de gestão que busca a melhoria contínua por meio da eliminação de desperdícios em todos os processos. De acordo com [Perrone \(2024\)](#), os desperdícios conhecidos como os oito desperdícios do Lean (transporte, estoque, movimento, espera, superprodução, superprocessamento, defeitos e talento não utilizados) correspondem a atividades que não agregam valor ao produto final. No processo de produção de cerveja, por exemplo, o tempo ocioso e a espera entre as etapas de mosturação e fervura podem ser considerados um desperdício.

Dessa forma, o mapeamento de processos com BPMN pode ser bastante útil para a melhor gestão da produção e o consequente aumento da eficiência operacional. Isso se deve ao fato de ser uma ferramenta amplamente utilizada para identificar ociosidade e desperdícios, servindo de base para a proposição de melhorias, como a redução do tempo de setup e a otimização do fluxo de trabalho ([Entringer, 2019](#)).

3 Metodologia

3.1 Classificação Geral da Pesquisa

O presente trabalho utilizou a abordagem de estudo de caso, de natureza qualitativa e exploratória, para analisar o processo produtivo de uma microcervejaria artesanal. A pesquisa foi conduzida em uma fábrica de pequeno porte, localizada no Município de Teófilo Otoni, Minas Gerais.

O estudo baseou-se na observação direta do processo produtivo, realizada por meio de diversas visitas à fábrica, com a finalidade de compreender o fluxo de trabalho e o uso de

equipamentos. As entrevistas, de caráter informal e sem um roteiro previamente definido, foram conduzidas com o mestre cervejeiro e o auxiliar de brassagem, os dois profissionais que atuam na operação. Com bases nessas observações e entrevistas, foram feitos esboços do mapeamento do processo produtivo in loco.

A ferramenta de análise utilizada para a representação gráfica e estruturada das atividades foi o mapeamento de processos por meio da notação BPMN utilizada no software Bizagi Modeler.

3.2 Caracterização do Estudo: Perfil da Microcervejaria Analisada

A microcervejaria estudada é uma empresa de pequeno porte, com estrutura enxuta de gestão de pessoas. O quadro funcional da produção é composto por um mestre cervejeiro e um auxiliar de brassagem. A jornada de trabalho ocorre seis dias por semana, com carga diária de oito horas, podendo ser estendida para até dez horas em períodos de maior demanda.

A venda dos produtos ocorre no modelo B2C (Business to Consumer), através de loja própria (bar) na cidade de Teófilo Otoni – MG e de um beer truck em eventos e festivais. A empresa tem como objetivo expandir a sua atuação para o mercado B2B (Business to Business), o que exige um aumento da eficiência e da padronização de seus processos para atender a maiores volumes de pedidos.

Atualmente, a fábrica opera o ciclo de produção da “parte quente” utilizando uma panela Single Vessel (Figura 2), que é um dos principais pontos de análise deste trabalho, pois sua natureza sequencial impõe restrições de capacidade ao processo produtivo. Como proposta central do trabalho, sugere-se a reconfiguração do maquinário para uma panela Tribloco, visando à otimização do lead time, o aumento da capacidade produtiva e à melhoria da eficiência do processo. Além disso, a empresa adquiriu recentemente um equipamento para envase em latas, encontrando-se em fase de testes, com o objetivo de assegurar a manutenção da qualidade dos produtos.

Figura 2 – Sistema Single Vessel

Fonte: [Heis Industrial \(2025\)](#)

4 Resultados e Discussão

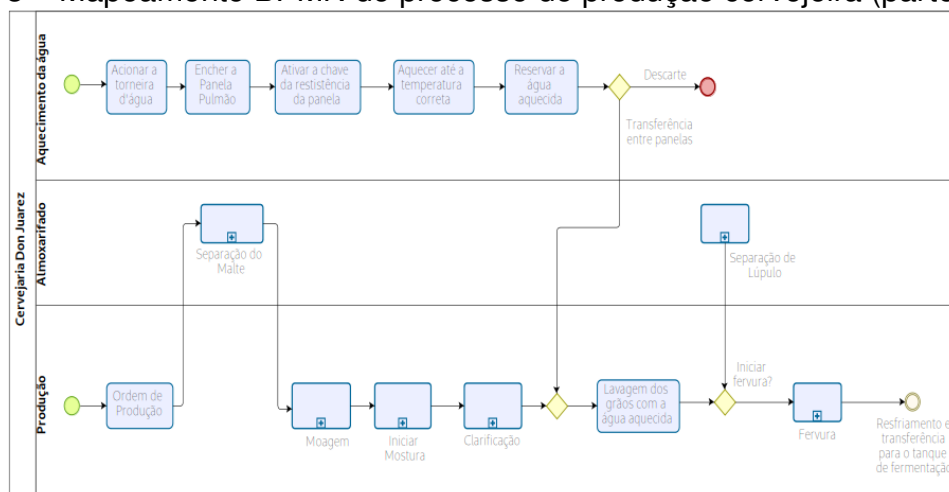
O mapeamento de processos, elaborado na linguagem BPMN, representa os fluxos e as etapas que compõem a produção de uma batelada no sistema Single Vessel. O termo “batelada” refere-se à produção realizada em um único ciclo de brassagem, correspondente à capacidade total da panela, que, neste estudo, é de 150 litros. Dessa forma, o mapeamento da batelada de produção cervejeira foi subdividido em duas etapas: parte quente (Figura 3) e parte fria (Figura 4).

O processo começa com a parte quente por meio de uma ordem de produção (raia de produção), que define qual estilo e quantidade de chope será produzido, além da matéria prima a ser utilizada. Com isso definido, inicia-se a etapa de pesagem, separação e moagem do malte necessário para a receita (raia de almoxarifado). Simultaneamente à separação do malte, a panela de mostura aquece a água que deve estar em uma temperatura específica para a adição do malte (raia de aquecimento de água). Nesta etapa, ocorre a correção dos sais para a adequação ao padrão de qualidade exigido ([Barbosa, 2023](#)).

A mostura (raia de produção) tem como objetivo principal converter o amido presente nos grãos de malte em açúcares fermentáveis, apresentando duração média de 1h20min. Ao final dessa etapa, realiza-se a recirculação do líquido por alguns minutos, fazendo-o passar pelo malte retido no cesto, com a finalidade de promover a clarificação do mosto, líquido obtido durante a

mostura.

Figura 3 – Mapeamento BPMN do processo de produção cervejeira (parte quente)



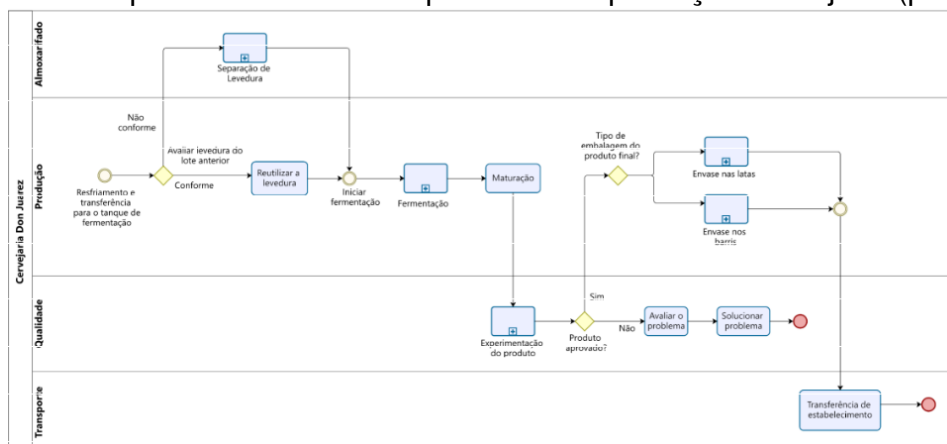
Fonte: Os Autores (2025).

Na sequência, o cesto responsável pela filtragem dos grãos é elevado para possibilitar a lavagem do malte com água aquecida na panela pulmão (raia de aquecimento de água). Após o completo escoamento do mosto, o líquido segue para a etapa de fervura, na qual são adicionados os lúpulos previamente separados e pesados (raia de almoxarifado). A fervura tem como objetivos a esterilização do mosto e a isomerização do lúpulo, etapa responsável pela definição do amargor da cerveja (Durello; Silva; Bogusz, 2019).

Ao final da fervura, o líquido é transferido para o tanque de fermentação, passando previamente pelo processo de resfriamento, para dar início às etapas subsequentes, conforme apresentado na segunda parte do mapeamento (Figura 4). Esse momento marca a introdução das etapas que compõem a chamada parte fria da produção cervejeira. Durante a transferência, o líquido passa pelo chiller, equipamento responsável por reduzir a temperatura de aproximadamente 100 °C para a faixa de 10 °C a 15 °C, condição essencial para garantir a inoculação das leveduras em um ambiente termicamente adequado à sua sobrevivência.

Após a inoculação, as leveduras iniciam a conversão dos açúcares fermentáveis em gás carbônico e álcool. A fermentação apresenta duração média de uma semana e, na sequência, começa a etapa de maturação, realizada no mesmo ambiente, com o objetivo de aprimorar o sabor e o aroma do chope ao longo de um período que pode variar de 6 a 30 dias, conforme a receita produzida (Rosa; Afonso, 2015).

Ao final desses subprocessos, o chope encontra-se pronto e é submetido a uma inspeção de qualidade, com o objetivo de avaliar a conformidade do produto final. Nessa etapa, são realizados testes visuais, de espuma, de aroma, de sabor e de densidade. Caso o produto não seja aprovado em algum desses critérios, é feita uma avaliação da natureza do problema e são aplicadas as soluções cabíveis. Por outro lado, quando aprovado, o produto é envasado no tipo de embalagem determinada (lata ou barril) e, em seguida, transferido para o ponto de venda, onde é armazenado em câmara fria.

Figura 4 – Mapeamento BPNM do processo de produção cervejeira (parte fria)

Fonte: Os Autores (2025).

Um dos principais gargalos identificados no mapeamento de processos foi a panela Single Vessel, utilizada na parte quente do processo de produção cervejeira, especificamente nas etapas de mostura, clarificação e fervura, conforme exibido no BPMN dentro da raia de produção (Figura 3). As operações realizadas nesse equipamento resultam em um aumento significativo do lead time do processo produtivo, uma vez que todas essas etapas são executadas na mesma panela, exigindo que uma operação seja concluída para que a seguinte possa ser iniciada. Como consequência, há elevado tempo ocioso dos dois trabalhadores da fábrica, que não conseguem iniciar uma nova brassagem enquanto a batelada em processamento não é finalizada. Nesse contexto, em um dia de operação, a fábrica consegue produzir apenas duas bateladas. Ademais, a eficiência da panela Single Vessel é inferior no que se refere à extração dos açúcares fermentáveis na etapa de mostura, o que demanda maior quantidade de malte e maior tempo de processamento nessa fase.

Figura 5 – Sistema Tribloco

Fonte: Rg MÁquinas (2025).

Como alternativa para mitigar os gargalos associados à panela Single Vessel, este estudo propõe a otimização do processo produtivo por meio da adoção da panela Tribloco (Figura 5), destacando os benefícios decorrentes da aquisição desse equipamento. As operações atualmente

realizadas no sistema Single Vessel podem ser reproduzidas no sistema Tribloco sem acarretar perdas no processo ou comprometimento da qualidade do produto final. Na Tabela 1, são apresentados os tempos despendidos em cada macroprocesso de produção para cada tipo de panela.

Tabela 1 – Comparação dos tempos dos macroprocessos: Single Vessel x Tribloco

Processo	Tempo gasto na Panela Single Vessel	Tempo gasto na Panela Tribloco
Aquecimento da água para mostura	40 min	0
Montagem cesto	3 min	0
Mostura	1h 20 min	1h 10 min
Trasfega entre panelas	0	6 min
Clarificação	20 min	15 min
Trasfega entre panelas	0	6 min
Lavagem	1h	1h
Fervura	1h	1h
Whirlpool	4 min	4 min
Total	4h 7 min	3h 41 min

Fonte: Os Autores (2025).

Os tempos de fermentação, maturação e envase não foram considerados na Tabela 1, uma vez que esses processos não dependem dos equipamentos da parte quente da produção.

A partir da tabela, observa-se que os processos avaliados apresentam tempos relativamente semelhantes para ambas as panelas, mas com uma economia de tempo para o sistema Tribloco. Entretanto, o principal diferencial da panela Tribloco não está na redução do tempo de ciclo das operações, mas na expressiva diminuição do lead time do processo produtivo. Isso ocorre porque o equipamento possibilita a execução paralela das etapas, permitindo o início de uma nova brassagem antes da finalização da anterior.

Dessa forma, enquanto o mosto se encontra nas etapas de clarificação ou fervura em uma das panelas, a panela de mostura já pode ser utilizada para o processamento da próxima batelada, reduzindo significativamente tempos de espera, formação de filas e paradas do sistema produtivo.

Além disso, a adoção da panela Tribloco proporciona ganhos relevantes nos tempos de preparação e manutenção, refletindo em aumento de produtividade. Estima-se que, com esse sistema, seja possível realizar até três brassagens por dia, em contraste com as duas brassagens diárias viabilizadas pelo sistema Single Vessel, o que representa um incremento de aproximadamente 50

Do ponto de vista dos insumos, a panela Tribloco apresenta maior eficiência na etapa de mostura, em razão da presença de um agitador operando continuamente, o que amplia o contato entre o malte e a água e favorece a extração dos açúcares fermentáveis. Como resultado, é possível alcançar o mesmo rendimento utilizando menor quantidade de malte, promovendo ganhos econômicos ao processo.

Ademais, o equipamento contribui para a eficiência energética do sistema, uma vez que possui controle automático de temperatura na etapa de fervura, acionando a resistência elétrica apenas quando necessário. Em contraste, a panela Single Vessel mantém a resistência ligada

durante todo o processo de fervura, acarretando maior consumo de energia e elevação dos custos variáveis de produção.

5 Considerações Finais

O estudo evidenciou a relevância do mapeamento de processos como ferramenta essencial para a compreensão e a análise da dinâmica produtiva de uma microcervejaria artesanal. A modelagem de processos contribui de forma significativa para a gestão, ao possibilitar uma análise estruturada dos métodos e fluxos operacionais (Souza, 2014).

Nesse contexto, a utilização da notação BPMN, por meio do software Bizagi Modeler, permitiu a representação sistematizada dos fluxos de trabalho, favorecendo a identificação de gargalos, desperdícios e oportunidades de melhoria. Além disso, o uso de ferramentas de modelagem apoia o processo de aprendizagem e a compreensão das etapas produtivas por parte dos gestores (Melo *et al.*, 2013).

A análise do processo produtivo com a panela Single Vessel evidenciou limitações relacionadas ao lead time e à eficiência na extração dos açúcares fermentáveis, impactando diretamente a produtividade e o consumo de insumos. Por sua vez, a adoção da panela Tribloco mostrou-se uma alternativa viável para mitigar essas limitações, uma vez que sua configuração permite a execução simultânea de etapas, melhora a eficiência da brassagem e contribui para a redução do consumo energético.

A comparação entre os dois sistemas indicou que a substituição da panela Single Vessel pela Tribloco apresenta potencial para ampliar o número de brassagens realizadas em um mesmo dia, reduzir os tempos de espera entre as etapas, otimizar o uso de matérias-primas (malte) e elevar a capacidade produtiva em aproximadamente 50%. Esses resultados reforçam a importância de investimentos em melhorias de infraestrutura para microcervejarias que buscam aumentar sua competitividade e expandir sua atuação no mercado.

Conforme destacado por Cheung e Bal (1998), o mapeamento e a análise crítica de processos constituem técnicas relevantes para a melhoria de negócios em diferentes setores. Nesse sentido, a proposta apresentada contribui para a discussão sobre a aplicação de ferramentas da Engenharia de Produção em pequenas indústrias, particularmente no setor de bebidas, no qual a padronização e a eficiência são fundamentais para atender às expectativas dos consumidores e assegurar a sustentabilidade do negócio.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a realização de uma análise de viabilidade econômica voltada à aquisição da panela Tribloco, considerando indicadores como payback e retorno sobre o investimento (ROI). Adicionalmente, propõe-se a ampliação do escopo da pesquisa com a inclusão das etapas de fermentação, maturação e envase, de modo a proporcionar uma visão mais abrangente da operação produtiva da fábrica, contemplando também a logística de distribuição nos mercados B2C e B2B.

Referências

- ANDRADE, Hudson Silva *et al.* Automation of brewing pot with arduino microcontroller. **International Journal of Geoscience, Engineering and Technology**, v. 8, n. 1, p. 40–51, oct 2023. DOI: 10.70597/ijget.v8i1.521. Accessed: 2025-07-15. Disponível em: <<https://revistas.ufvjm.edu.br/ijget/article/view/521>>.
- BARBOSA, Maria Bárbara Tenório de Macêdo. **Análise bibliográfica sobre o processo de cervejas artesanais no Brasil**. 2023. 48 p. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/28233>>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- BATISTA, Emanuelle Luiza de Amorim. **Cerveja artesanal: uma revisão sobre o seu processo de produção e seu potencial antioxidante**. 2021. 36 p. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos)) — Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/123456789/32568>>. Acesso em: 15 jul. 2025.
- BRASIL. **Anuário da Cerveja 2025: ano de referência 2024**. Brasília, 2025. Acesso em: 20 ago. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-tem-mais-de-43-mil-cervejas-registradas/anuariodacerveja2025_.pdf>.
- CHEUNG, Yen; BAL, Jay. Process analysis techniques and tools for business improvements. **Business Process Management Journal**, MCB UP Ltd, v. 4, n. 4, p. 274–290, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1108/14637159810238174>. Accessed: 4 de ago. 2025. Disponível em: <<https://www.emerald.com/bpmj/article/4/4/274/258307/Process-analysis-techniques-and-tools-for-business>>.
- CURI, Rogério Augusto. **Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte**. 2006. Tese (Tese (Doutorado em Agronomia)) — Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, acesso em: 8 jul. 2025. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/103233>>.
- DURELLO, Renato S; SILVA, Lucas M; BOGUSZ, Stanislaw. Química do lúpulo. **Química Nova**, SciELO Brasil, v. 42, p. 900–919, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170412>, Acesso em: 12 de jul. 2025. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/YmTGmBMCbC7Yr7fdPGWm6tf/?format=pdf&lang=pt>>.
- ENTRINGER, Túlio Cremonini. **Proposta de um modelo de referência em notação BPMN para um sistema de planejamento e controle da produção**. 2019. 198 p. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)) — Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes. Disponível em: <<https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-de-producao/wp-content/uploads/sites/13/2019/04/Dissertacao-de-Mestrado-PPGEP-Tulio-Cremonini-Entringer-MAR-19.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2025.
- FERNANDES, Flavio Cesar Faria; GODINHO FILHO, Moacir. Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial. Atlas São Paulo, 2010.
- HEIS INDUSTRIAL. **Equipamento single vessel**. ago 2025. Acesso em: 15 ago. 2025. Disponível em: <<https://heisindustrial.com.br/sala-de-brassagem-single-vessel/equipamento-single-vessel/>>.

MELO, Francisco Vicente Sales *et al.* Da necessidade de gerenciar à complexidade de modelar: descrevendo o processo de aprendizagem de administradores na utilização de um software de modelagem de processos. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v. 4, n. 1, p. 201–214, 2013.

PERRONE, Felipe Coelho. **Produção de cervejas: otimização de processos e redução de custos**. 2024. 44 p. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia Cervejeira)) — Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/11449/254425>>. Acesso em: 13 jul. 2025.

PIMENTA, Larissa Bicalho *et al.* A história e o processo da produção da cerveja: uma revisão. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 37, n. 3, p. e26715–e26715, 2020.

RG MÁQUINAS. **Tribloco**. set 2025. Acesso em: 16 set. 2025. Disponível em: <<https://www.rgmaquinas.ind.br/tribloco>>.

ROSA, Nathália de Almeida; AFONSO, Júlio Carlos. A química da cerveja. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 98–105, 2015. Acesso em: 16 ago. 2025. Disponível em: <https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_2/05-QS-155-12.pdf>.

SOUZA, Daniela Gutterres de. **Metodologia de mapeamento para gestão de processos**. 2014. 198 p. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/139426>>. Acesso em: 10 jul. 2025.