

Cerveja verde:  
estratégias  
para maximizar o  
potencial  
de coprodutos na  
indústria cervejeira

*Lígia Marcondes*  
[limarcondes@gmail.com](mailto:limarcondes@gmail.com)  
[@ligia.marcondes.3](https://www.instagram.com/ligia.marcondes.3)



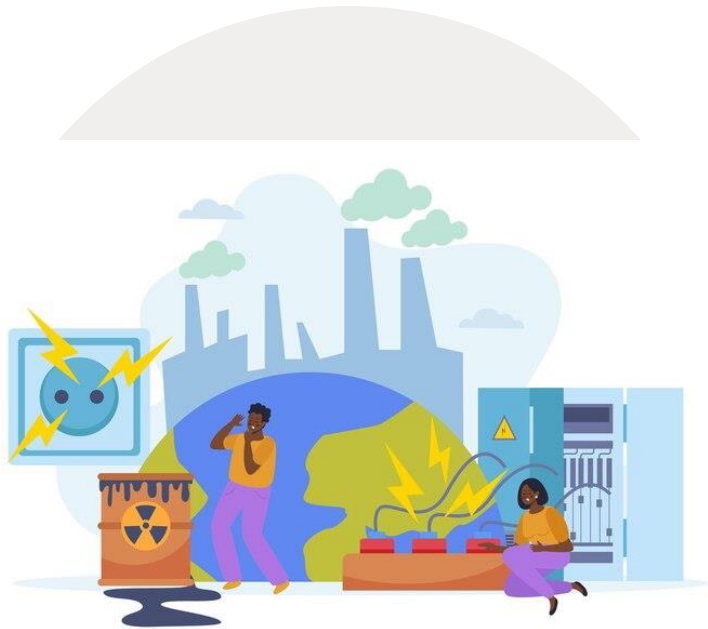


# Apresentação Pessoal

- Química - UFRJ
- Técnica Cervejeira - SENAI
- Diploma Internacional pela World Brewing Academy
- Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos - UFRRJ
- Professora dos cursos de Engenharia Química e Nutrição da Universidade de Vassouras
- Consultora em produção de cerveja
- Ministra aulas de produção de cerveja nos cursos do Colégio Imperatriz/Agraria, SENAI e ESCM.

limarcondes@gmail.com/ @ligia.marcondes.3

# Definição



REJEITO



SUBPRODUTO



COPRODUTO

# Quais vou abordar aqui?

- Bagaço de Malte
- Trub quente
- Levedura
- Lama de filtração

## Mas tem também...

- Garrafas de vidro, PET
  - Latas de alumínio
    - Água de reuso
      - Papelão
- Entre outros





# Bagagaço de malte



# Bagaço



É o coproduto mais volumoso do processo de produção de cerveja - 85%



100 kg de grãos processados → 125 a 130 kg de bagaço úmido (80 a 85% de umidade) o que corresponde a 14 e 20 kg/hL



Um grande problema é a perecibilidade do bagaço, o que dificulta sua reutilização por longos períodos

Mundo ideal: bagaço é processado/utilizado perto da cervejaria

Possibilidade de secagem ao sol e ensilagem com outros produtos secos

# Bagaço

- Formado por uma biomassa lignocelulósica, rico em proteína (20-30%) e aminoácidos, fibras (30-70%), lipídios, vitaminas e minerais
  - Contém cerca de:
    - § 12-28% de lignina
    - § 12-25% de celulose
    - § 28% de polissacarídeos não celulósicos, principal arabinoxilanos
    - § Entre os polifenóis, o ácido ferúlico e o p-cumárico estão entre os de maior teor
- § O bagaço se torna interessante por ser fonte de nitrogênio

# Bagaçõ - possibilidade de uso

Alimentação animal - principal

Alimentação humana

Compostagem

Produção de energia

- Queima direta
- Produção de biogás (metano) por fermentação anaeróbica

Substrato para produção de cogumelos

Substrato para produção de enzimas, adsorventes de metais pesados (Cr, Cd e Pb) e outros produtos químicos

# Bagaço - possibilidade de uso

## Substrato para a produção de papel

- Para uso em toalhas de papel e cartões de visita
- Máximo de 10% e necessita branqueamento prévio

## Substituição de madeira em aglomerados - máximo 10%

- Aumenta a estabilidade dimensional e rigidez

## Cultivo de microrganismos e obtenção de bioprodutos por fermentação

## Embalagens

- Possibilidade de uso de embalagens previamente fermentadas

# Bagaçõ - alimentação animal

- Gado, cabras, porcos e peixes
  - Alguns artigos citam aves e cordeiros também
- Para gado pode-se utilizar maior proporção (até 40%), para peixes até 30% e para porcos até 15%
  - Para o gado, 1 kg de bagaçõ substitui 0,47 kg de cevada e 0,51 kg de grãõ de soja
- No caso dos cordeiros (até 35%) melhora a performance do crescimento, além da sua carne ficar menos gordurosa e aumenta os níveis de ácidos graxos como linoleico





# Bagaço - alimentação animal

- O bagaço substitui a soja, pois é mais barato, mas tem valor nutricional similar
  - Até 75% da soja pode ser substituída por bagaço para vacas lactantes, pois aumenta a digestibilidade e a produção de leite
    - § Além disso, aumenta o rendimento e melhora a composição do leite (aumenta proteína e gordura), sem afetar os componentes do sangue
  - § Para algumas espécies de carpas (30% de adição), foi observado um melhor crescimento possivelmente pela presença de aminoácidos essenciais
  - § Além de ser amigável ao meio ambiente, a utilização do bagaço contribui com 45% de redução nos custos da alimentação rural

# Problemas no uso em bovinos

- O uso incorreto ou armazenamento de forma inadequada podem gerar intoxicação por etanol e doenças provocadas por microrganismos
- Em especial intoxicação por *Aspergillus clavatus*, acidose ruminal e botulismo
- Por isso a tenção com o limite de utilização é importante!!



# Bagaço - alimentação humana

- Em geral aumenta o conteúdo de fibras e de proteínas, importante para nossa nutrição
  - Prevenção de algumas doenças crônicas como doenças nas coronárias, câncer, diabetes, e problemas gastrointestinais
  - Ajuda o sistema digestivo, reduz o teor total de lipídios e os níveis de colesterol e pode diminuir o uso de antioxidantes sintéticos nos alimentos
- Considerado seguro para alimentação humana, pois as matérias-primas usadas são também aprovadas



# Bagaço - alimentação humana



- Pão - de 5 a 30%
  - o Aumenta a coloração e muitas vezes dá o sabor picante da levedura cervejeira
  - o Pães menos calóricos do que os utilizados com farinha de trigo
  - o Podemos associar o tipo de pão com o estilo de cerveja
- Farinha - aumenta o teor de fibras e diminui o de gordura
  - o Pode ser usado de forma direta ou combinado com algumas enzimas que melhoram sua composição
    - Há aumento na vida de prateleira e melhoria na textura e no volume
  - o A adição de bagaço aumenta a capacidade de retenção de umidade da massa e a textura do produto assim como aumenta levemente sua doçura
  - o Exemplos: Massa de pizza, aperitivos

# Bagaço - alimentação humana

- Barras de cereais
- Biscoitos
  - Até 6% na substituição da farinha para manter o mesmo sabor
  - Com farinha de bagaço, a substituição pode ser de até 40% e há um aumento significativo no teor de nitrogênio e de fibras
- Almôndegas
- Substituto de carnes em salsichas reduzidas no teor de gordura de porco ou frango
  - Aumento do teor de fibras em um produto que não tem muito apelo nutricional
  - Pode ser usado em hamburques também





## Bagaço - compostagem

- A compostagem é uma técnica que transforma o lixo orgânico em adubo natural, rico em nutrientes e benéfico para as plantas
- Devido ao teor de nitrogênio e materiais orgânicos, o bagaço também serve para compostagem do solo
  - No entanto seu alto teor de umidade dificulta sua utilização direta
- Pode ser usado como adubo para cultivo de alface
- Não pode ser colocado diretamente no solo e deve ser misturado com outros componentes como água e outros compostos verdes para conseguir servir como adubo

# Bagaço – Produção de biogás



O bagaço de cerveja produz 58 a 65% de gás metano por fermentação anaeróbica



Para aumentar o rendimento um pré-tratamento enzimático pode ser feito



O mesmo vale para produção de bioetanol, neste caso de 2ª geração



Ao gerar energia a partir do bagaço, há uma contribuição para fazer a cervejaria uma indústria mais sustentável



## Bagaçõ - Produção de cogumelos

- Pode-se utilizar até 70% de bagaçõ no conteúdo do substrato
  - o Possibilidade de usar o bagaçõ ainda úmido
- Não pode ser a única fonte de destino do bagaçõ, pois o volume é maior do que se usa para cultivo de cogumelos
- A economia é maior para o produtor de cogumelos do que para a cervejaria

# Bagaçõ - Produçãõ de compostos bioativos

- Acontece com o crescimento de bactérias e fungos no substrato do bagaçõ
- Exemplos
  - o Enzimas - Xilanases - usada para clareamento de papel sem adiçãõ de cloro e melhoria na silagem para animais
  - o Antibióticos e outros produtos naturais utilizados em farmacêuticos e na indústria agroquímica - ácido ferúlico que atua como antioxidante e clareador da pele
  - o Xilitol - usado como edulcorante e opção mais saudável comparado com a glicose
  - o Ácido cítrico - utilizado na indústria de alimentos como antioxidante, melhorador de sabor e conservante em alimentos e bebidas





# Bagaçó Embalagens

Trub  
quente



# Trub



Em geral há formação de 0,2 e 0,4 kg de trub úmido (80 a 90% de umidade) para cada hectolitro de cerveja produzida



As partículas que compõe o trub estão entre 30 e 80  $\mu\text{m}$



Sua composição é de predominantemente proteínas (entre 40 e 70% da massa seca), além de substâncias amargas do lúpulo (10 a 20%), polifenóis, carboidratos complexos, minerais e ácidos graxos

# Trub

- Há poucos relatos na literatura à respeito deste resíduo; comumente é misturado ao bagaço de malte para recuperação de mosto cervejeiro na etapa de lavagem do bagaço e, posteriormente, destinado para elaboração de ração animal
  - Problema sensorial ao fazer essa mistura, pois os animais não aceitam o amargo bem e isso pode ser um limitante no seu destino
  - Apesar de ter maior conteúdo de fibra comparado com bagaço de malte, a energia que os animais obtém dele é 50% menor
  - O problema sensorial também explica porque dificilmente esse coproduto é destinado sozinho, sem mistura
- Ele também pode ser usado como adubo no solo ou na compostagem
- O trub quente possui atividade antioxidante e antimicrobianas
  - Em especial bactérias gram positivas que são inibidas pelo lúpulo



# Trub

- Este coproduto pode ser tratado para redução do gosto amargo e facilitar utilização em alimentos
- Neste caso, ele pode ser usado para enriquecimento de produtos ricos em gordura ou como fonte alternativa de proteína vegetal
- Como sua relação C/N no trub quente é similar à composição das células microbianas, sugere-se que, assim como no bagaço de malte, esse coproduto possa ser usado como aditivo em meios de fermentação utilizados em bioprocessos, pois exerce um efeito positivo em divisões celulares



# Trub

- Há também a possibilidade de extração de óleos essenciais do lúpulo presentes no trub quente para ação repelente contra insetos
- Na prática, cervejarias maiores reutilizam o trub quente no bagaço da próxima fabricação
  - Possibilidade para uso quando há mais de uma produção por dia
  - Não guardar por mais de 24h, risco de contaminação
    - Possível misturar com bagaço
- Também é possível utilizar na mostura, mas é mais arriscado





# Bagação de levedura



# Levedura

A levedura  
cervejeira  
transforma mosto em  
cerveja.

Em geral, a massa de  
levedura aumenta  
entre 3 e 5 vezes no  
fermentador



Quando não tem como  
reutilizar mais,  
elas são descartadas

É o 2º coproduto  
volume de produção,  
São gerados entre  
1,5 e 3 kg/hL de  
cerveja (com 85 a 90%  
de umidade)



Alto teor  
proteico (35 e 60% da  
massa seca)

alto valor nutritivo  
(aminoácidos  
essenciais e de  
vitaminas do  
complexo B  
(Principalmente B1,  
B2, B3, B6 e B8).  
apresenta em sua  
composição  
carboidratos,  
minerais, lipídios,  
enzimas, polifenóis  
e RNA



# Levedura



Maior destino da levedura residual cervejeira é para formulação de ração animal. Mas também é possível a obtenção de produtos de elevado valor nutricional para a aplicação na indústria farmacêutica e na dieta humana. É um produto reconhecido como seguro para alimentação.



Além das aplicações em alimentos, este coproduto ou seus derivados podem ser utilizados em processos biotecnológicos em geral, para obtenção de enzimas, principalmente a invertase, presente em sua parede celular.

# Leveduras - Alimentação animal

- A levedura normalmente é vendida a preços bem baixos na forma úmida para alimentação animal como aditivo na alimentação
- As leveduras são bem aceitas pra alimentação animal com ou sem mistura de outros coprodutos
  - São exemplos: peixes, cavalos, ruminantes, aves e porcos
  - Esse coproduto tem alta digestibilidade por ratos, porcos e salmão
- Fundamental matar as leveduras antes de administrá-las
  - Uso de calor ou acidificação
- A mistura de levedura e trub foi testada para alimentação de porcos e aceita, apesar do gosto amargo
- A mistura com bagaço de malte melhora a produtividade de perus e frangos
  - Melhora na produção e qualidade de ovos
  - Melhora na reprodução
- Assim como o bagaço de malte, o bagaço de levedura pode substituir o grão de soja para porcos, pois enriquece a alimentação com aminoácidos
- Pode ser usado como regulador intestinal de cachorros
  - Nesse caso, com a levedura viva



# Levedura - alimentação humana e suplementação



O bagaço de levedura pode ser utilizado na indústria de panificação para produção de farinha



Ele tem propriedades probióticas e é usado como suplemento



Pode substituir proteínas de soja Ainda melhora a digestibilidade do alimento em produtos de alimentação



Pode fortificar bolos veganos com proteínas, lipídios e conteúdo de carboidrato



O bagaço de levedura é uma fonte barata de enriquecimento com vitamina D2 (ergocalciferol)



Pode ser administrado na forma de cápsulas de levedura cervejeira



# Levedura e a cerveja recuperada

- Considerando que a lama de levedura tem em torno de 50% de compactação, a quantidade de cerveja descartada/vendida junto com a lama pode ser significativa
- Pode ser recuperado com
  - Membranas
  - Uso de clarificantes
    - Atenção na microbiologia!!





Lama de  
filtração

# A terra diatomácea



- Formada por sedimentação de esqueletos fossilizados de algas unicelulares
  - Em sua composição há sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
- Maiores reservas mundiais estão nos EUA, China, Dinamarca e Peru
- Várias utilidades, mas a principal é a filtração de cerveja
  - Também usado para filtrar água, sucos, vinhos, xaropes e gelatina



# A lama

- Cervejarias produzem aproximadamente 378,1 milhões de kg de lama de filtração anualmente
  - O volume da terra + a matéria orgânica acumulada é 3 vezes maior
- Regeneração dessa terra é um processo caro porque envolve queima a altas temperaturas





# A lama - destinos

- Aterros sanitários- principal
- Há estudos falando de uso para ração animal
  - Somente ruminantes por causa do alto conteúdo de celulose
- Como adubo em solo
- No setor de construção civil
  - Concreto e tijolos
- Compostagem

# Lama - tijolos

- a lama é funciona como isolante térmico, pois aumenta a porosidade dentro do tijolo
- A matéria orgânica da lama junto com a terra diminuem a quantidade de combustível utilizada para fazer o tijolo
  - Também é possível utilizar temperaturas mais baixas na produção
- Diminui o peso do tijolo
- A lama substitui o uso de poliestireno expandido, que é um material sintético





Minimização de  
geração de  
resíduos e  
coprodutos

- CO<sub>2</sub>: Já existem mini usinas para captação e recuperação do CO<sub>2</sub> produzido durante a fermentação
- Reaproveitamento de produtos de CIP - estação de CIP
  - Ou pelo menos usar o enxágue da soda para a pré-lavagem do CIP
- CIP ácido na fermentação???
  - Importante fazer o CIP alcalino no mínimo a cada 3 meses
  - Ideal: acompanhar a microbiologia do tanque



# Conclusão

- Em geral, a disposição dos coprodutos depende da localização da cervejaria e em muitos casos, as urbanas descartam mais no esgoto/aterros ou com empresas parceiras, enquanto que cervejarias mais rurais se relacionam mais com fazendas ao redor e fazem parcerias e o descarte com eles
- Existem muitos destinos possíveis para os coprodutos das cervejarias, o importante é achar parceiros!



# Referências

- BONATO, Samuel Vinícius et al. The missing link of circularity in small breweries' value chains: Unveiling strategies for waste management and biomass valorization. **Journal of Cleaner Production**, v. 336, p. 130275, 2022.
- BRUST, Luís Armando C. et al. Enfermidades em bovinos associadas ao consumo de resíduos de cervejaria. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, p. 956-964, 2015.
- KERBY, Clare; VRIESEKOOOP, Frank. An overview of the utilisation of brewery by-products as generated by british craft breweries. **Beverages**, v. 3, n. 2, p. 24, 2017.
- MATHIAS, Thiago Rocha dos Santos et al. Brewery waste reuse for protease production by lactic acid fermentation. **Food Technology and Biotechnology**, v. 55, n. 2, p. 218-224, 2017.
- MATHIAS, Thiago Rocha dos Santos et al. Characterization and determination of brewer's solid wastes composition. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 121, n. 3, p. 400-404, 2015.
- MORGAN, Dyfed Rhys; STYLES, David; LANE, Eifiona Thomas. Thirsty work: Assessing the environmental footprint of craft beer. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 242-253, 2021.
- NANAYAKKARA, Rumesh; GUNATHILAKE, Chamila. Development of Environmentally Friendly Bricks using Spent Diatomaceous Earth. **Sri Lankan Journal of Applied Sciences**, v. 1, n. 01, p. : 11-17, 2022.
- NANAYAKKARA, Rumesh; GUNATHILAKE, Chamila; DASSANAYAKE, Rohan. Suitability of reusing the spent diatomaceous earth in brick production: A review. **Advances in Technology**, p. 151-166, 2022.
- RACHWAŁ, Kamila et al. Utilization of brewery wastes in food industry. **PeerJ**, v. 8, p. 0427, 2020.
- SENNA FERREIRA COSTA, Fernanda et al. Reuse of hot trub as an active ingredient with antioxidant and antimicrobial potential. **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, p. 2037-2047, 2021.

*Obrigada!*



*Lígia Marcondes*

[lmarcondes@gmail.com](mailto:lmarcondes@gmail.com)

[@ligia.marcondes.3](#)