

UTILIZAÇÃO DO SORGO NA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL SEM GLÚTEN: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Arthur da Silva Klusener¹

arthursk_tucosilva98@hotmail.com

Simone Ferigolo Venturini²

sfventurini@gmail.com

Giovani Leone Zabot³

giovani.zabot@ufsm.br

Charles Rech⁴

charles.rech@ufsm.br

Taís Oliveira da Silva Afonso

taisoalfonso@gmail.com

Resumo: A produção de cerveja artesanal baseia-se no malte obtido a partir dos grãos de cereais, tais como cevada e trigo, que possuem glúten em sua composição. Tal fato inviabiliza o consumo da bebida por doentes celíacos, problema que pode ser contornado com a adoção de cereais sem glúten, como o sorgo. Na presente pesquisa, é feita uma revisão sistemática de literatura, que busca caracterizar o estado da arte das publicações científicas a respeito do uso do sorgo para produção de cerveja. Com isso, a adoção desta ferramenta bibliométrica permitiu avaliar cientificamente a utilização deste cereal para tal finalidade. A partir de um protocolo pré-estabelecido de busca, é verificada a relevância dos trabalhos, em termos dos países de publicação, instituições afiliadas, anais de publicação, e palavras chaves. Ao final, são feitas considerações gerais sobre os principais artigos resultantes da revisão.

Palavras-chaves: Bibliometria; Cerveja Artesanal; Doença Celíaca; Sorgo.

USE OF SORGHUM IN THE PRODUCTION OF GLUTEN-FREE CRAFT BEER: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

Abstract: Craft beer production is based on malt obtained from cereal grains, such as barley and wheat that have gluten in their composition. That fact unviable the consumption of the drink by celiac disease patients, a problem that can be solved with the adoption of gluten free cereals, such as sorghum. In this research, a systematic literature review is done, searching for a state-of-the-art characterization of the scientific publication about the use of sorghum for brewing. The bibliometric adoption allowed to scientifically evaluate the use of this cereal for this purpose. Starting with a predefined searching protocol, the relevance of the works is verified in terms of the host publication countries, affiliated institutions, and keyword. At the end, general considerations about the main articles resulting from the review are made.

Keywords: Bibliometry; Craft Beer; Celiac Disease; Sorghum.

1 Graduando em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul.

2 Mestranda em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

3 Dr. em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul.

4 Dr. em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Maria, campus Cachoeira do Sul.

INTRODUÇÃO

O crescimento da atividade cervejeira no Brasil tem avançado de forma sólida nos últimos anos com o aumento do número de registro de cervejarias. Segundo MAPA (2020), a taxa de crescimento foi de 36,5% considerando o período de 5 anos e em 2019 totalizou 1209 estabelecimentos. O processo de fabricação de cerveja artesanal consiste nas etapas: a moagem do malte, a mosturação, a fervura, o resfriamento, a fermentação, a maturação e o envase, sendo que o controle da temperatura durante a fabricação e a qualidade dos insumos tem influência no produto final (KUNZE, 2007). Em relação ao malte utilizado na preparação das bebidas, tem-se verificado uma crescente demanda por cervejas que o utilizam como única fonte de açúcar (cervejas “puro malte”). A Lei da Pureza da Cerveja Alemã de 1516, a *Reinheitsgebot*, instituiu que a cerveja deveria ser feita utilizando-se apenas malte, água e lúpulo (SEIDL, 2003). O malte, por sua vez, é oriundo da germinação artificial, controlada e dessecada de cereais, e majoritariamente utiliza-se cevada e trigo. Estes cereais possuem em sua composição o glúten, um composto de proteínas de armazenamento denominadas prolaminas e glutaminas, que inviabiliza o consumo de tais bebidas por pacientes celíacos. A doença celíaca, que pode ser de difícil detecção, é uma intolerância alimentar que resulta em dano ao intestino delgado após a ingestão do glúten, de modo a que o alimento não seja devidamente absorvido. Uma solução para o problema é a adoção de uma dieta livre de glúten, mas que, para cultura ocidental, torna-se bastante difícil pois um número elevado de alimentos tais como massas, pães, biscoitos, bolos, pizzas e cervejas, têm em sua elaboração o trigo e a cevada (BRASIL, 2020).

Este e outros problemas têm levado pesquisadores a investigarem a viabilidade de uso de cereais sem glúten, como o sorgo, na produção de alimentos, incluindo cervejas viáveis para consumo por pessoas celíacas (BERNARDO et al., 2019; AGU et al., 2012). O fato de o sorgo não possuir glúten em sua composição e possuir valores nutricionais adequados, em especial o teor de açúcar, viabilizam a adoção do cereal para produção de cervejas artesanais. Cabe destacar que o sorgo é um cereal de fácil cultivo, dada sua boa adaptação edafoclimática e possui baixo custo de produção, sendo majoritariamente utilizado na alimentação animal (GARCIA, 2020). O manejo cultural é favorecido pela adaptação da planta aos climas semiárido e subtropical, podendo crescer em condições de forte estresse ambiental, como a seca, além de adaptar-se facilmente a condições desfavoráveis de relevo.

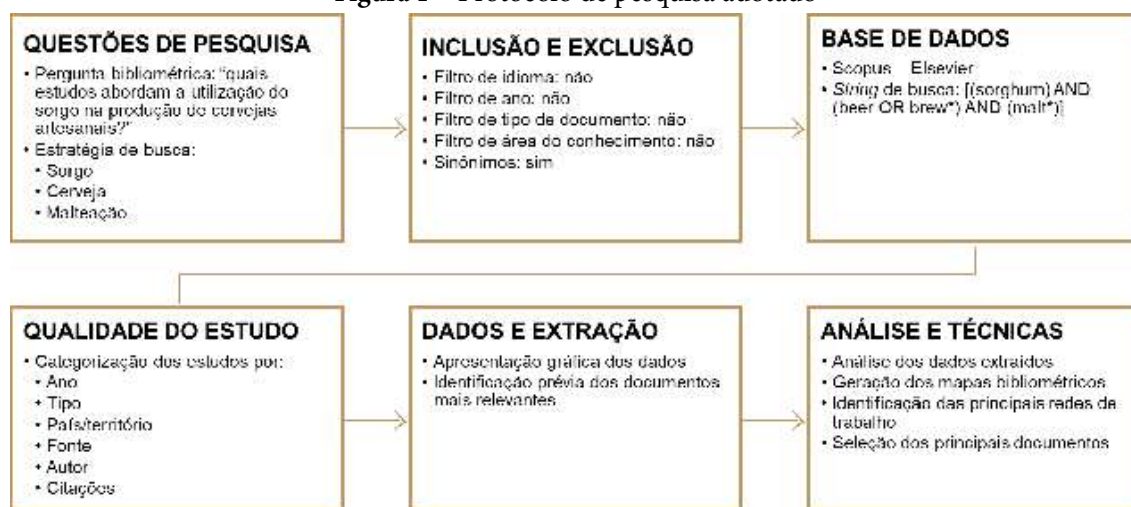
Este estudo tem como objetivo investigar o uso do sorgo para produção de cerveja artesanal sem glúten, por meio de uma revisão sistemática de literatura, visando integrar as informações disponíveis através de um protocolo pré-estabelecido de busca.

METODOLOGIA

Essa pesquisa foi conduzida entre agosto e setembro de 2020, a partir de uma revisão sistemática de literatura. A estratégia adotada nesta revisão integrou definições sobre a questão de pesquisa; da estratégia de busca nas bases de dados; da análise de elegibilidade e codificação das publicações localizadas; da avaliação de qualidade; da síntese dos resultados e da apresentação da pesquisa (DRESHC, LACERDA, ANTUNES, 2015). As etapas da revisão seguiram o itinerário indicado na Figura 1. As etapas estabelecidas foram: (i) levantamento das questões de pesquisa; (ii) estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão de documentos; (iii) seleção da base de dados; (iv) categorização dos estudos conforme qualidade; (v) extração dos dados; e (vi) análise dos dados extraídos.

A questão da pesquisa que norteou esse estudo foi: quais estudos abordam a utilização do sorgo na produção de cervejas artesanais? Em relação a estratégia de busca na base de dados, as expressões “sorgo”, “cerveja”, e “malteação” foram selecionadas e ampliadas com a inclusão de sinônimos. A palavra de busca (*string*), adotada, utilizando-se operadores booleanos, foi estabelecida como: [(sorgo) e (cerveja ou fermentar*) e (maltear*) - [(*sorghum*) AND (*beer* OR *brew**) AND (*malt**)]. Os operadores “E” (AND) e “OU” (OR), foram utilizados, respectivamente, para vincular as palavras-chave e incorporar expressões sinônimas. O caractere “*” foi utilizado para buscar termos derivados – por exemplo, o termo “*brew*” retorna resultados contendo os termos *brewing*, *brewery* e *brewed*. A base de dados adotada foi a base *Scopus* (*Elsevier*) e foi utilizado o protocolo de pesquisa indicado na Figura 1.

Figura 1 – Protocolo de pesquisa adotado



Fonte: Autores

Na etapa de inclusão e exclusão, não foram aplicados filtros de idioma, ano, tipo de documento e área do conhecimento. Como critério de inclusão, incluem-se as expressões sinônimas e termos derivados. A base de dados adotada foi a base *Scopus* (*Elsevier*), disponível no Portal de Periódicos CAPES. A categorização dos estudos foi feita em termos de ano de publicação, tipo, país/território, fonte, autor e número de citações. A extração dos dados é feita graficamente conforme mostrado na seção 3. Por fim, os dados são analisados a fim de caracterizar o estado da arte dos trabalhos científicos que abrangem as questões de pesquisa. Especificamente, na etapa de avaliação da qualidade, observou-se o rigor científico na descrição do método e o número de citações de cada artigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicando-se a palavra (*string*) de busca na base de dados e adotando-se os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, foram retornados 232 documentos. Nas subseções a seguir, os trabalhos são categorizados. A categorização dos trabalhos tem como objetivo fornecer uma ferramenta de gerenciamento bibliométrico que auxiliará na identificação do estado da arte desta temática.

Estudos por ano

Entre os anos de 1960 e 1985, a pesquisa retornou um total de 21 documentos, ao passo que a partir de 1986 observou-se um crescimento linear gradativo do número de publicações. Analisando-se por décadas, observa-se que nos últimos 10 anos (entre 2010 e 2020), foram publicados 93 documentos, o que permite afirmar que cerca de 40% de toda a produção científica com enfoque no uso do sorgo para produção de cerveja foi gerada na última década. No quadro 1, são mostrados em ordem decrescente os 9 principais anos com maior número de publicações.

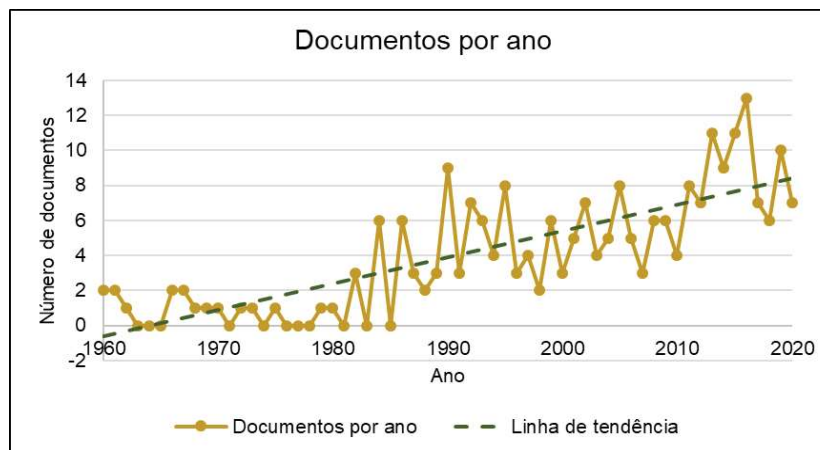
Quadro 1 – Anos com maior número de publicações

Número de publicações	Ano
13	2016
11	2013, 2015
10	2019
9	1990, 2014
8	1995, 2005, 2011

Fonte: Scopus, Elsevier

Observa-se que nos anos de 2013, 2015, 2016 e 2019 ocorreram 34 publicações sobre o assunto pesquisado. Na Figura 2, é mostrado o avanço das publicações por ano.

Figura 2 – Avanço das publicações por ano



Fonte: Scopus, Elsevier

A linha de tendência e os dados anteriores revelam que as questões de pesquisa têm sido investigadas ano após ano, de modo a fornecer subsídios teóricos para pesquisas futuras.

Tipo de documento

Dentre os 232 documentos resultantes, foram retornados 4 tipos de publicação, citados e quantificados no Quadro 2.

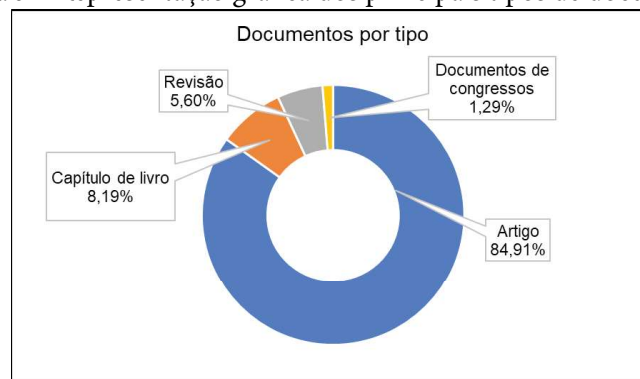
Quadro 2 – Principais tipos de documentos publicados

Número de publicações	Tipo de documento
197	Artigo
19	Capítulo de Livro
13	Revisão
3	Documentos de congressos

Fonte: Scopus, Elsevier

No caso desta revisão, muitos assuntos relacionados com a fabricação de cerveja costumam ser apresentados em congressos científicos e foram considerados nesta pesquisa. A Figura 3 faz uma comparação gráfica dos tipos de documentos encontrados.

Figura 3 – Representação gráfica dos principais tipos de documentos



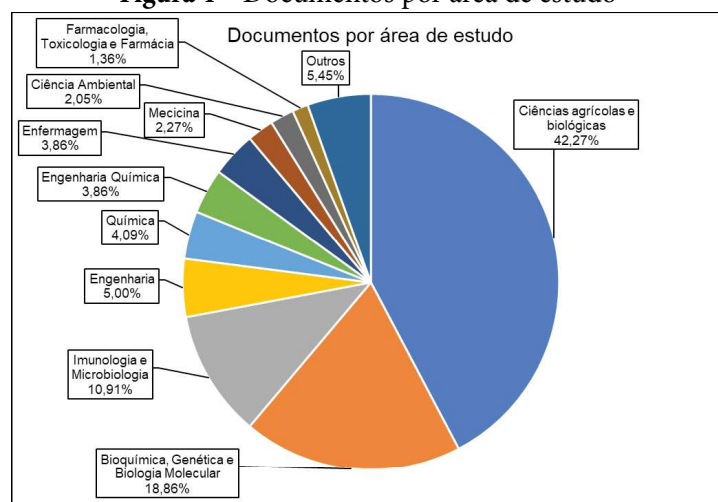
Fonte: Scopus, Elsevier.

A busca retornou 84,91% de documentos em artigos científicos, 8,19% compõem capítulos de livros, 5,60% são revisões e 1,29% são documentos publicados em congressos.

Áreas de estudo

As 10 principais áreas que os documentos contemplam estão mostradas na Figura 4.

Figura 4 – Documentos por área de estudo



Fonte: Scopus, Elsevier

De acordo com o exposto no gráfico, destacaram-se as áreas de Ciências Agrícolas e Biológicas (186 trabalhos), Bioquímica, Genética e Biologia Molecular (83) Imunologia e Microbiologia (48). Em primeira análise, verifica-se que o enfoque nas áreas de manejo cultural do sorgo tem-se dado grande importância, bem como nas etapas de controle químico e biológico no plantio, processamento e análise química dos subprodutos do cereal.

Países

Os países com maior número de publicações são mostrados no Quadro 3.

Quadro 3 – Países com maior número de publicações

Países	Número de documentos
Nigéria	59
África do Sul	51
Reino Unido	35
México	14
Irlanda	9
Índia	8
Bélgica, Gana, Holanda	7
Burkina Faso, Alemanha, Estados Unidos	6
Argentina	5
Austrália, Botsuana, Brasil, Congo, Etiópia, Japão, Namíbia, Polônia	4
Áustria, Canadá, China, Dinamarca, França, Zimbábue	3
Camarões, Cuba, Quênia, Moçambique, Ruanda, Sri Lanka	2
Benin, Costa do Marfim, Hungria, Itália, Malawi, Portugal, Coreia do Sul, Espanha, Suazilândia, Suíça, Vietnã, Zâmbia	1

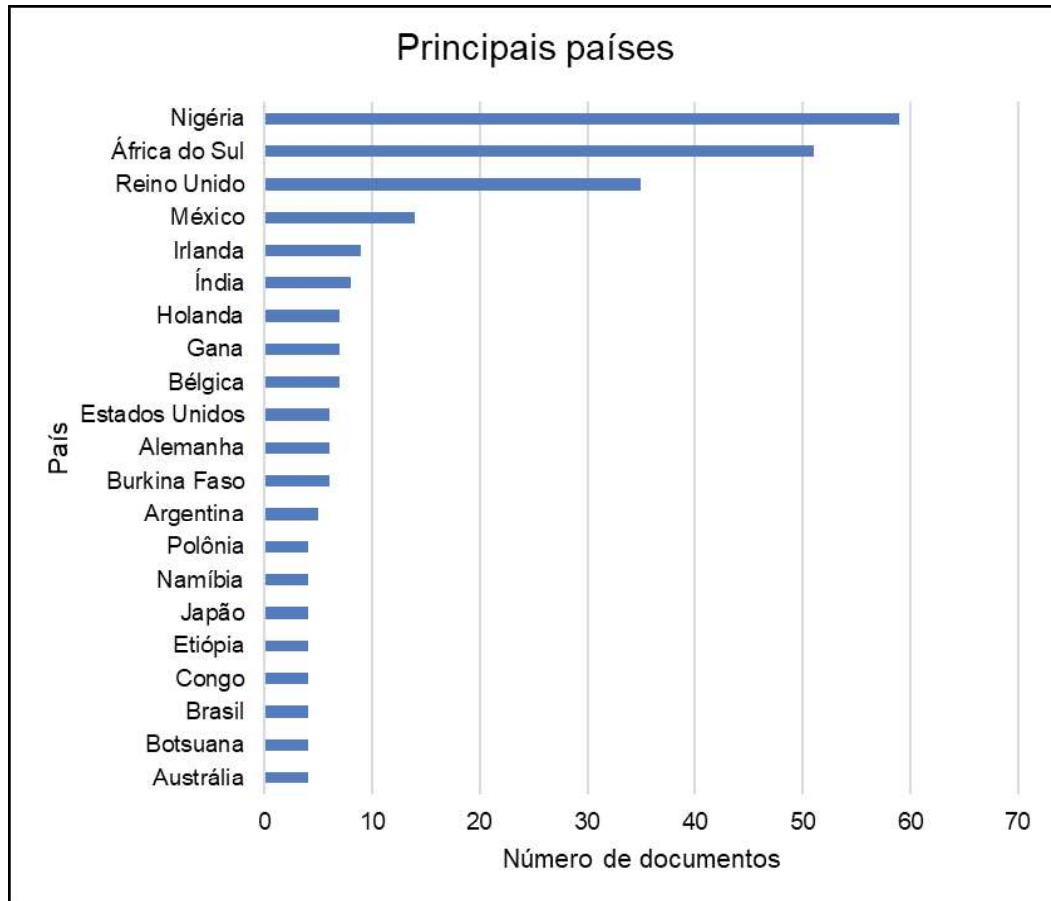
Fonte: Scopus, Elsevier

Como indicado, o Brasil figura como 10º (décimo) no posição geral, juntamente com Austrália, Botsuana, Congo, Etiópia, Japão, Namíbia e Polônia, todos com 4 publicações.

Na Figura 5 é feito uma comparação dos 21 principais países.

De acordo com o ranqueamento feito por países, Nigéria, África do Sul e Reino Unido lideram as publicações, agregando, em conjunto, 145 documentos publicados, equivalente a 62,5% do total de documentos. Tal fato pode ser justificado pela localização das revistas de publicação europeias e pelo fato de os países africanos serem alguns dos maiores produtores de sorgo do mundo. O vínculo britânico com a pesquisa é fortemente ligado a seus centros de pesquisa na área de tecnologia de alimentos, ao passo que a Nigéria e África do Sul contribuem significativamente na evolução deste estado da arte, através de seu elevado potencial de produção do cereal.

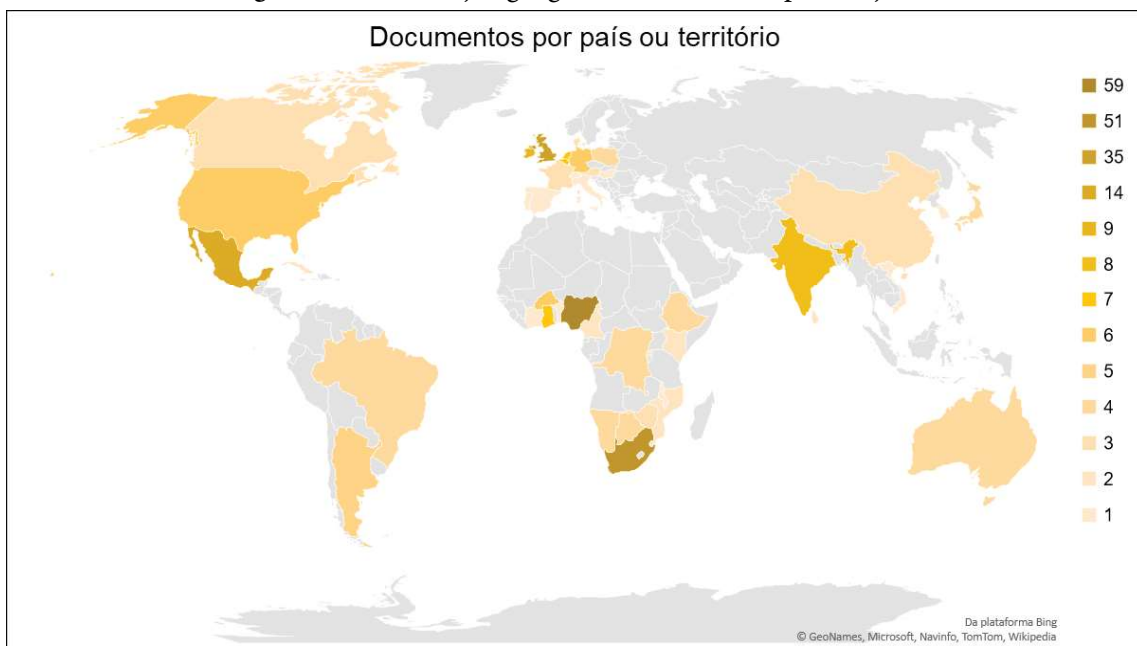
Figura 5 – Gráfico comparativo dos 21 principais países



Fonte: Scopus, Elsevier

Na Figura 6 é mostrado o gráfico de mapa-mundi onde são identificados com rachura colorida os países. Cores escuras no gráfico indicam um elevado número de documentos publicados na base de dados.

Figura 6 – Distribuição geográfica mundial das publicações



Fonte: Scopus, Elsevier

Em termos de localização, o gráfico não permite correlacionar a produção científica com aspectos geográficos, como latitude, longitude e clima. Entretanto, a distribuição das publicações comprova que a questão de pesquisa está difundida em todo o mundo.

Trabalhos brasileiros

Os 4 trabalhos brasileiros são citados no Quadro 4.

Quadro 4 – Lista de trabalhos brasileiros

Ano	Título	Autores	Fonte	Número de citações
2020	Development and optimization of beer containing malted and non-malted substitutes using quality by design (QbD) approach	Estevão, S.T. Batista de Almeida e Silva, J. Lourenço, F.R.	Journal of Food Engineering	0
2018	Utilização do malte de sorgo na produção de cerveja: revisão bibliográfica	Rodríguez, Y.B. Aguilar, I.G. De Almeida e Silva, J.B.	Brazilian Journal of Food Technology	1
2017	Cevada e seus subprodutos na alimentação animal	Ferro, M.M. De Moura Zanine, A. De Jesus Ferreira, D. (...) Pinho, R.M.A. Portela, Y.N.	Revista Electronica de Veterinaria	0
2016	Potential Applications of Enzymes in Brewery and Winery (Capítulo de livro)	Spier, M.R. Nogueira, A. Alberti, A. Gomes, T.A. Dhillon, G.S.	Agro-Industrial Wastes as Feedstock for Enzyme Production: Apply and Exploit the Emerging and Valuable Use Options of Waste Biomass (p. 261-278)	0

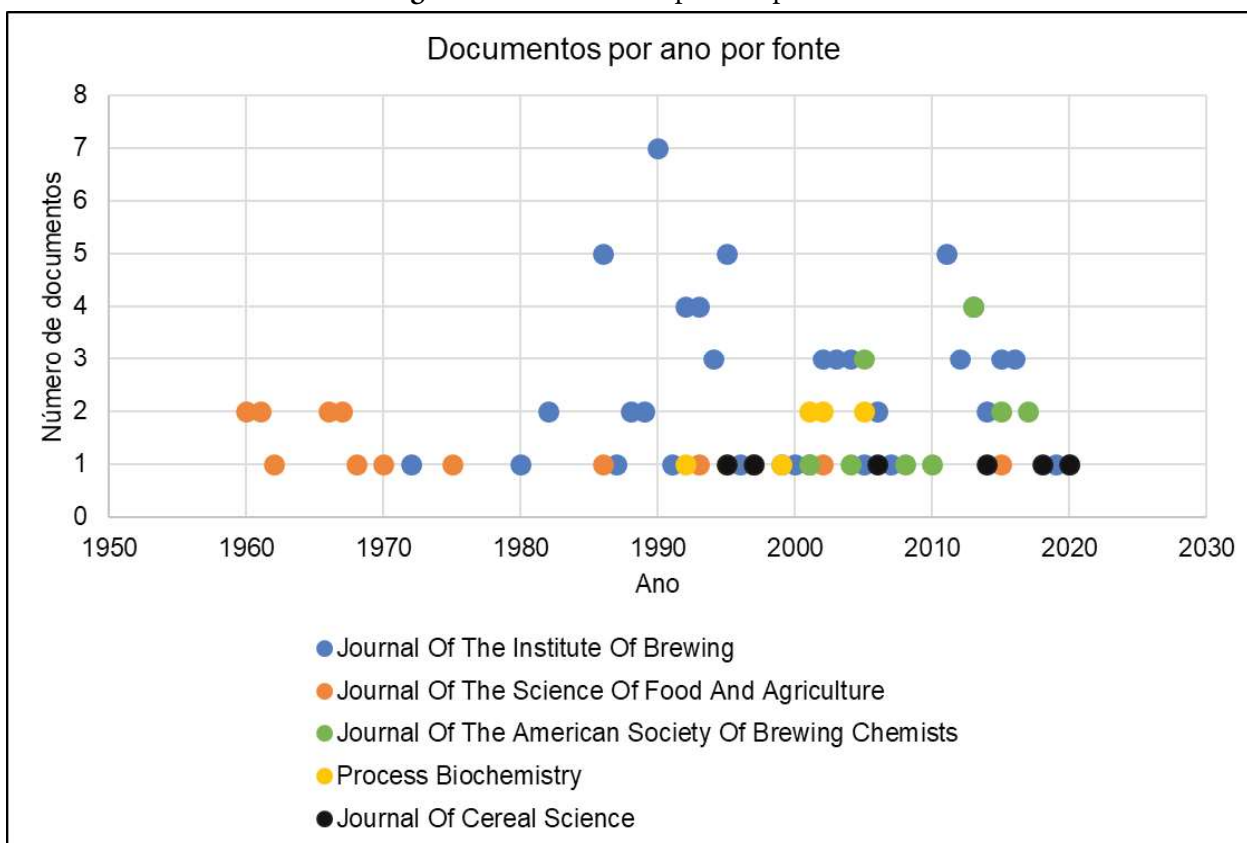
Fonte: Scopus, Elsevier

Como observado, o vínculo brasileiro com a pesquisa é recente, com publicações entre 2016 e 2020. O principal destaque dos documentos é o de Rodríguez et al. (2018), onde é realizada uma revisão bibliográfica do uso do sorgo na produção de cerveja. Neste trabalho, além de apresentar as vantagens e limitações do uso do sorgo para esta finalidade, os autores mostram esquematicamente as principais etapas a serem desenvolvidas na malteação e posterior mosturação, bem como o controle de qualidade feito a cada etapa.

Fontes

Uma importante análise é feita também a respeito das principais fontes de publicação. Na Figura 7 são mostrados graficamente as principais publicações feitas por ano e por fonte.

Figura 7 – Documentos por ano por fonte



Fonte: Scopus, Elsevier

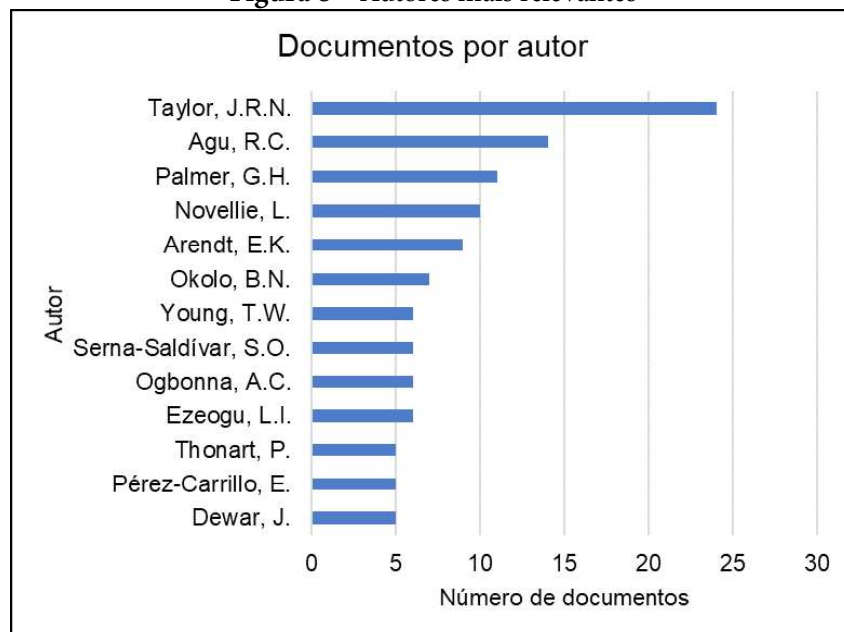
O periódico *Journal of The Institute of Brewing* lidera as publicações, com 78 documentos publicados entre 1972 e 2020. As outras 4 principais fontes são: *Journal of The Science of Food and Agriculture* (17), *Journal of the American Society of Brewing Chemists* (15), *Process Biochemistry* (9) e *Journal of Cereal Science* (7). A larga vantagem do primeiro periódico justifica-se por seu vínculo com o *Institute of Brewing and Distilling*, instituto bastante citado nos artigos devido aos padrões estabelecidos pelo mesmo para análises de parâmetros na produção de cerveja.

Uma outra observação importante a ser feita é que uma maior diversificação das fontes surgiu a partir da década de 1990, ao passo em que ocorreu uma maior concentração da produção científica a partir de 2000.

Autores

Os autores com maior número de publicações são identificados na Figura 8.

Figura 8 – Autores mais relevantes



Fonte: Scopus, Elsevier

Conforme indicado graficamente pelo ranqueamento, os 4 principais autores são Taylor, J.R.N com 24 documentos; Agu, R.C. com 14 documentos e Palmer, G.H. com 11 documentos. O Quadro 5 traz os trabalhos mais citados.

Quadro 5 – Trabalhos mais citados dos 3 principais autores

Número de citações	Ano	Título	Autores	Fonte
298	2006	Novel food and non-food use for sorghum and millets	Taylor, J.R.N. Schober, T.J. Bean, S.R.	Journal of Cereal Science
81	1986	Effect of germination time, temperature and moisture on malting of sorghum	Morrall, P. Boyd, H.K. Taylor, J.R.N. Walt, W.H.V.D.	Journal of the Institute of Brewing
60	1998	A reassessment of sorghum for lager-beer brewing	Agu, R.C. Palmer, G.H.	Bioresource Technology
59	1989	Sorghum as brewing material	Palmer, G.H. Etokakpan, O.U. Igyor, M.A.	MIRCEN Journal of Applied Microbiology and Biotechnology
59	1997	Determination of improved steeping conditions for sorghum malting	Dewar, J. Taylor, J.R.N. Berjak, P.	Journal of Cereal Science
57	1993	Factors influencing beta-amylase activity in sorghum malt	Taylor, J.R.N., Robbins, D.J.	Journal of the Institute of Brewing
57	1986	Free α -amino nitrogen production in sorghum beer mashing	Taylor, J.R.N. Boyd, H.K.	Journal of the Science of Food and Agriculture
51	1996	Enzymic breakdown of endosperm proteins of sorghum at different malting temperatures	Agu, R.C. Palmer, G.H.	Journal of the Institute of Brewing

Fonte: Scopus, Elsevier

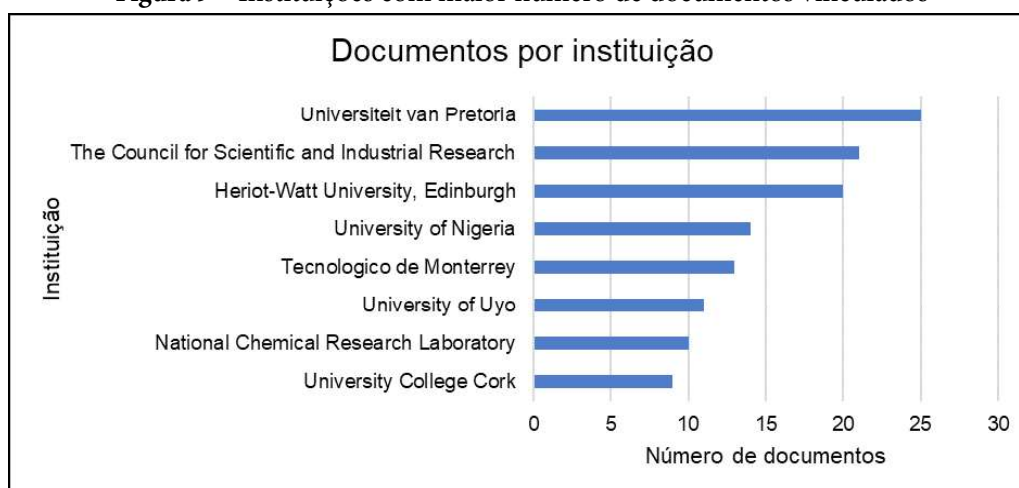
De acordo com os dados, os 8 trabalhos mais citados dos principais autores foram publicados entre 1986 e 2006. O conteúdo de tais trabalhos, conforme indicado por seus títulos, representa um forte embasamento teórico e técnico para a produção de pesquisas científicas. Dentre as questões avaliadas em tais trabalhos, destacam-se: avaliação da temperatura nos processos, fatores que influenciam a atividade enzimática e tempo de germinação. Mais do que isso, o trabalho de Taylor et al. (2006), por ser citado 298 vezes, torna-se indispensável na sequência da pesquisa.

Em outra análise, cabe destacar que 8 entre os 10 trabalhos descritos acima foram publicados nas 5 revistas mais importantes descritas na subseção 3.5.

Instituições afiliadas

Na Figura 9 são mostradas as principais instituições afiliadas a pesquisa científica.

Figura 9 – Instituições com maior número de documentos vinculados



Fonte: Scopus, Elsevier

As instituições *Universiteit van Pretoria*, *The Council for Scientific and Industrial Research*, *Heriot-Watt University (Edinburgh)* e *University of Nigeria* agregam, juntos, um total de 80 documentos aos quais possuem filiação. Um fato importante a se destacar é que a localização destas instituições coincide com os 3 países com maior número de publicações. Tal fato permite afirmar que estas instituições são, em seus respectivos países, as principais responsáveis pelas publicações científicas que visam o sorgo para produção de cerveja.

Trabalhos mais citados

No Quadro 6 é mostrado uma lista com os 10 trabalhos mais citados.

Quadro 6 – Lista dos 10 trabalhos mais citados

Número de citações	Ano	Título	Autores	Fonte
298	2006	Novel food and non-food uses for sorghum and millets	Taylor, J.R.N. Schober, T.J. Bean, S.R.	Journal of Cereal Science
144	2009	Rich nutrition from the poorest - Cereal fermentations in Africa and Asia	Nout, M.J.R.	Food Microbiology
136	2006	Sorghum grain as human food in Africa: Relevance of content of starch and amylase activities	Dicko, M.H. Gruppen, H. Traoré, A.S. Voragen, A.G.J. Van Berkel, W.J.H.	African Journal of Biotechnology
101	1975	Enzyme inhibition by polyphenols of sorghum grain and malt	Daiber, K.H.	Journal of the Science of Food and Agriculture
95	2002	Mycotoxins in South African traditionally brewed beers	Odhav, B. Naicker, V.	Food Additives and Contaminants
81	1986	Effect of germination time, temperature and moisture on malting of sorghum	Morrall, P. Boyd, H.K. Taylor, J.R.N. Walt, W.H.V.D.	Journal of the Institute of Brewing
69	1982	Malting characteristics of finger millet, sorghum and barley	Nout, M.J.R. Davies, B.J.	Journal of the Institute of Brewing
69	1969	The production of pito, a Nigerian fermented beverage	Ekundayo, J.A.	International Journal of Food Science & Technology
68	1987	Micro-scale malting and brewing studies of some sorghum varieties	Aisen, A.O. Muts, G.C.J.	Journal of the Institute of Brewing
66	1972	Morphology of starch granules in cereal grains and malts	Palmer, G.H.	Journal of the Institute of Brewing

Fonte: Scopus, Elsevier

De acordo com o Quadro 6, o trabalho de Taylor et al. (2006) lidera o ranqueamento, com 298 citações, seguido por três trabalhos com mais de 100 citações cada: Nout (2009), Dicko et al. (2006) e Daiber (1975). Nesses trabalhos, são mostradas características básicas a respeito dos cultivares mais comuns, alternativas de uso do sorgo para alimentação humana, principais dificuldades encontradas na substituição da cevada pelo sorgo na produção de cervejas, características nutricionais do cereal, caracterização da atividade enzimática do malte de sorgo e a influência de polifenóis na inibição enzimática.

Trabalhos mais recentes

Por fim, através da análise de resultados disponível na base de dados *Scopus*, são buscados os trabalhos mais recentes, publicados até a realização da pesquisa. Na Figura 10 são mostrados os 10 documentos mais recentes.

Figura 10 – Lista dos 10 trabalhos mais recentes

Ano	Título	Autores	Fonte
2020	Use of <i>Aspergillus oryzae</i> during sorghum malting to enhance yield and quality of gluten-free lager beers	Rubio-Flores, M. García-Arellano, A.R. Perez-Carrillo, E. Serna-Saldivar, S.O.	Bioresources and Bioprocessing
2020	Gluten hypersensitivities and their impact on the production of gluten-free beer	Gumienna, M. Górna, B.	European Food Research and Technology
2020	Physicochemical changes of starch during malting process of sorghum grain	Oseguera-Toledo, M.E. Contreras-Jiménez, B. Hernández-Becerra, E. Rodríguez-García, M.E.	Journal of Cereal Science
2020	Nutritional composition of black soldier fly larvae feeding on agro-industrial by-products	Chia, S.Y. Tanga, C.M. Osuga, I.M. (...) Dicke, M. van Loon, J.J.A.	Entomologia Experimentalis et Applicata
2020	Influence of ammonia and lysine supplementation on yeast growth and fermentation with respect to gluten-free type brewing using unmalted sorghum grain	Dlamini, B.C. Taylor, J.R.N. Buys, E.M.	International Journal of Food Science and Technology
2020	Influence of malted barley and exogenous enzymes on the glucose/maltose balance of worts with sorghum or barley as an adjunct	Okolo, B.N. Amadi, O.C. Moneke, A.N. Nwagu, T.N. Nnamchi, C.I.	Journal of the Institute of Brewing
2020	Development and optimization of beer containing malted and non-malted substitutes using quality by design (QbD) approach	Estevão, S.T. Batista de Almeida e Silva, J. Lourenço, F.R.	Journal of Food Engineering
2019	Pearl millet grain: A mini-review of the milling, fermentation and brewing of ontaku, a non-alcoholic traditional beverage in Namibia	Embashu, W. Nantanga, K.K.M.	Transactions of the Royal Society of South Africa
2019	Plant use in southern Africa's Middle Iron Age: the archaeobotany of Mutamba	Steyn, B. Antonites, A.	Azania
2019	Malts: Quality and phenolic content of pearl millet and sorghum varieties for brewing nonalcoholic beverages and opaque beers	Embashu, W. Nantanga, K.K.M.	Cereal Chemistry

Fonte: Scopus, Elsevier

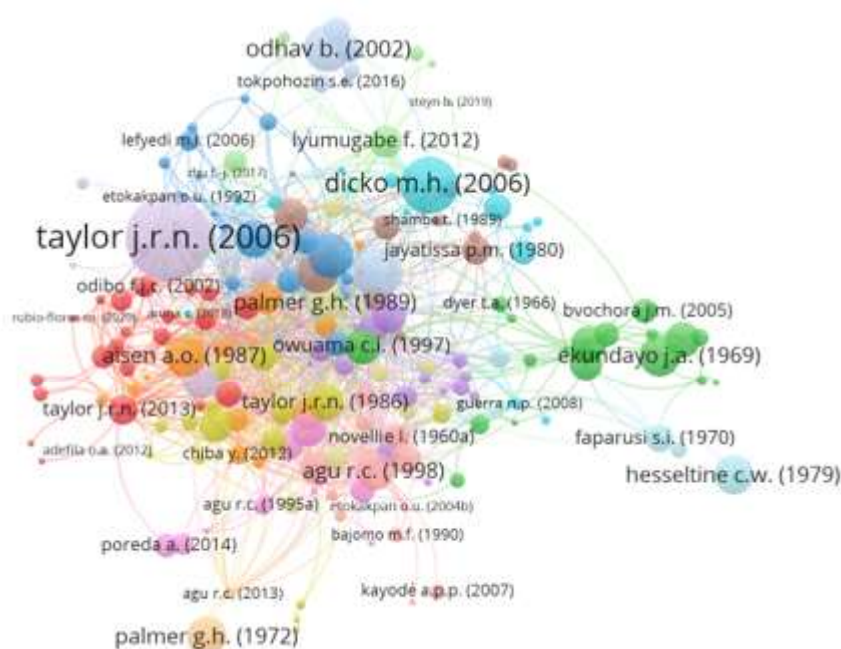
De acordo com o exposto, verifica-se que atualmente documentos têm sido publicados, incluindo 7 das 10 publicações mais recentes no ano corrente (2020). Dentre os 10 trabalhos mais recentes, destacam-se: Gumienna e Górna (2020), que apresenta uma revisão de literatura a respeito da produção de cervejas sem glúten, incluindo o malte de sorgo nesta análise; Oseguera-Toledo et al. (2020), apresentam as mudanças físico-químicas geradas no amido durante o processo de malteação; e o de Embashu e Nantanga (2019), que avaliam parâmetros de qualidade do malte de sorgo, bem como o conteúdo fenólico.

Análise gráfica utilizando o VOSviewer*

Com auxílio do *software VOSviewer**, de livre acesso, são criados mapas bibliométricos dos dados obtidos na base *Scopus*. A construção das redes de relacionamento dos termos é feita baseando-se nas relações de “Citação *versus* Documento”, “Co-ocorrência *versus* Palavras-chave” e “Coautoria *versus* País”.

No modelo de “Citação *versus* Documento”, foi feita uma relação baseada no número de vezes que um documento cita outro. Baseando-se na planilha de dados extraída na base *Scopus* é escolhida a análise do tipo “Citação” e unidade de análise “Documento”. Não é estabelecido um critério mínimo do número de citações de cada documento, de modo a retornar os 232 documentos originais. A partir deste montante, o mapa é elaborado considerando os 199 documentos interligados, e mostrados na Figura 11.

Figura 11 – Mapa bibliométrico “Citação *versus* Documento” sem critério mínimo de citações dos documentos

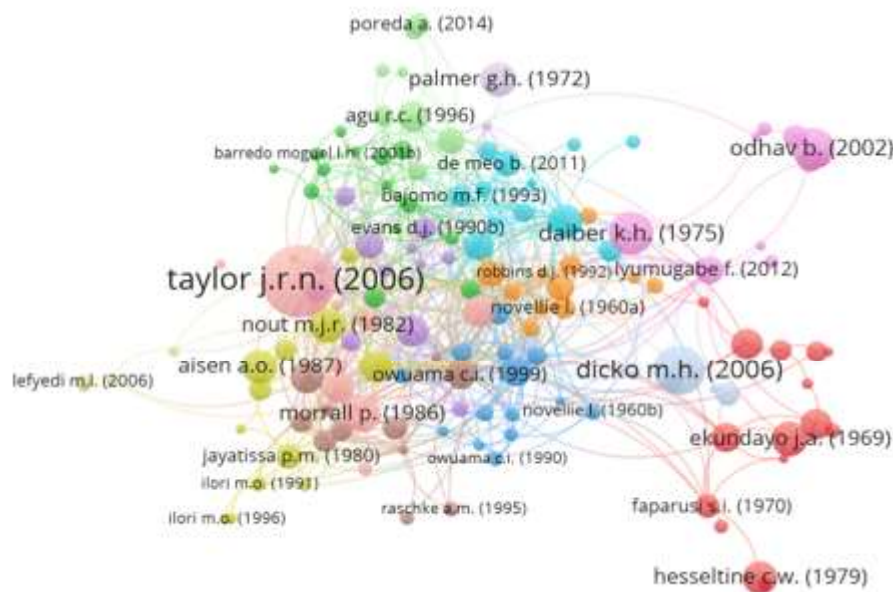


Fonte: Scopus, Elsevier; VOSviewer*

Neste mapa bibliométrico foram identificados 16 grupos (*clusters*) de trabalhos identificados por diferentes cores na figura. Os principais grupos são o destacado em vermelho com 21 itens, o verde com 20 itens e o azul com 18 itens. O trabalho de TAYLOR et al. (2006) é o de maior destaque, e integra o grupo de cor roxa, sendo o 5º mais relevante, contendo 16 trabalhos.

Posteriormente, é estabelecido um critério mínimo de 5 citações, retornando um total de 159 documentos. Destes, o mapa é montado a partir dos 140 que são interligados, e mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Mapa bibliométrico “Citação *versus* Documento” com critério mínimo de 5 citações por documento

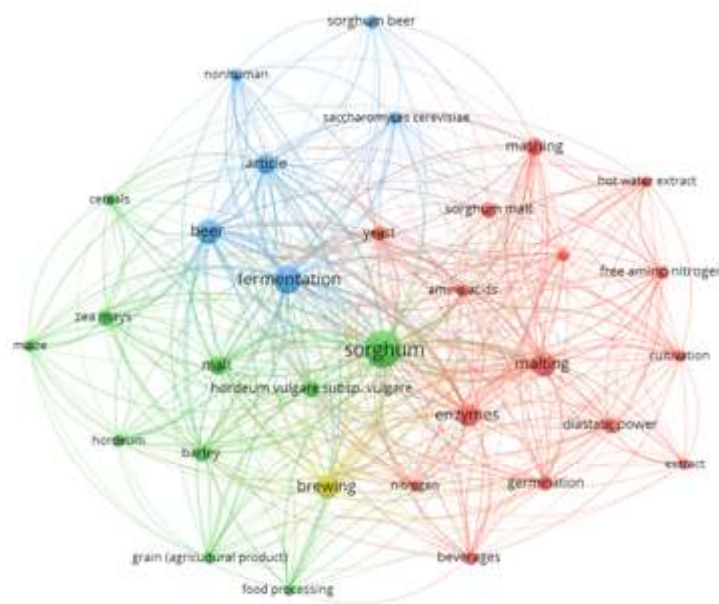


Fonte: Scopus, Elsevier; VOSviewer⁷

Nesta nova rede de trabalhos, foram identificados 14 grupos, onde os de maior destaque são os de cor vermelha, com 15 itens, o verde com 14 itens e o azul com 14 itens. Nesta análise, o trabalho de Taylor et al. (2006) integra o 10º grupo mais relevante, o qual contém 9 trabalhos ao todo.

Em outra análise, os mapas bibliométricos são construídos através da relação “Coocorrência *versus* Palavras-chave”. No software VOSviewer⁷, é escolhido o tipo “Coocorrência” e a unidade de análise “Todas as palavras-chave”. Como critério, adota-se um mínimo de 10 ocorrências das palavras-chave. O mapa bibliométrico gerado nesta análise é mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Mapa bibliométrico “Coocorrência *versus* Palavras-chave”

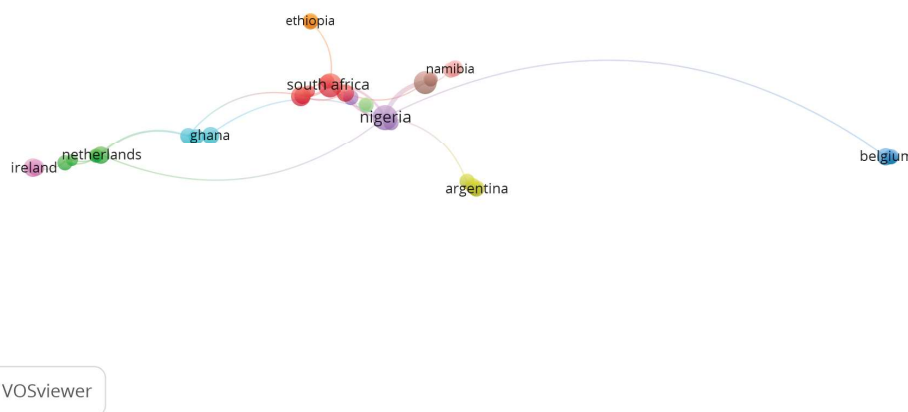


Fonte: Scopus, Elsevier; VOSviewer⁷

Conforme evidenciado pelo gráfico, o termo “sorgo”, grupo de cor verde integra a principal rede de trabalhos junto com outros termos importantes, como “malte”, “cereais”, “amido”, “cevada” e “grão (produto agrícola)”. Em outro grupo, de cor vermelha, aparecem alguns termos mais correlatos com a produção de cerveja: “malte”, “enzimas”, “germinação”, “malte de sorgo”, “poder diastático”, “extrato”, “nitrogênio”, “bebidas” e “amino nitrogênio livre”.

Por fim, os documentos são avaliados para identificar a colaboração em coautoria entre os países. É escolhido o tipo de análise “Coautoria” e a unidade de análise como “País”. Como critérios, são adotados os limites mínimos de um documento para cada país, sem estabelecer um mínimo de citações. O mapa bibliométrico é gerado a partir dos 39 países que possuem interligação. Na Figura 14 é mostrado o gráfico obtido.

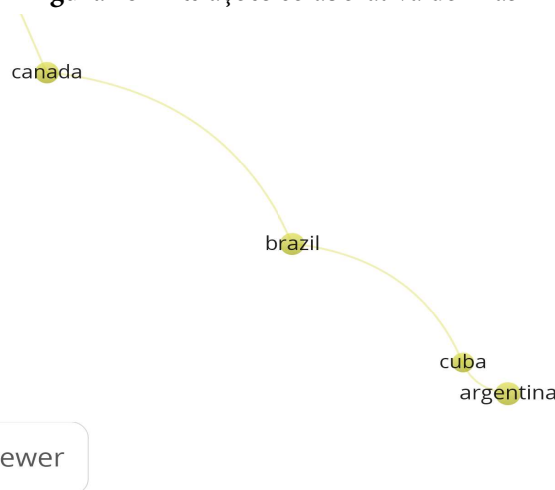
Figura 14 – Mapa bibliométrico “Coautoria versus país”



Fonte: Scopus, Elsevier; VOSviewer*

De acordo com os dados obtidos, a principal cooperação entre países foi estabelecida entre Índia, México, Moçambique, África do Sul, Estados Unidos e Zâmbia, identificados no grupo de cor vermelha do gráfico. A relação colaborativa do Brasil é mostrada na Figura 15.

Figura 15 – Relações colaborativa do Brasil



Fonte: Scopus, Elsevier; VOSviewer*

Conforme mostrado, o Brasil estabelece cooperação com Canadá, Cuba e Argentina.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste trabalho foi averiguar, na literatura, quais estudos abordam a utilização do sorgo na produção de cervejas artesanais, utilizando as palavras-chave “*sorghum*”, “*beer*” e “*malt*”. Pela implementação dessa metodologia, obteve-se um retorno de 232 artigos, que foram avaliados com auxílio das ferramentas de análise disponíveis na base de dados da *Scopus*.

Em termos de relevância, destacam-se os artigos vinculados aos autores Palmer, G. H. e Agu, R. C., em especial as referências Palmer (1992) e Agu e Palmer (1998), publicações responsáveis por introduzir o sorgo como proposta de utilização na fabricação de cervejas. Apesar de tais artigos terem sido publicados há mais de 20 anos, os autores já previam as principais vantagens e dificuldades do uso do sorgo para tal finalidade, fato comprovado nas publicações que se seguiram. Além da abordagem específica do sorgo, tais autores também mostram vários aspectos fundamentais da produção de cerveja, como etapas de produção e controle de qualidade, o que reforçam a influência de suas publicações para o avanço científico destas tecnologias.

Com os resultados da pesquisa bibliométrica, foi identificada a Nigéria como maior produtor de conteúdo científico dentre os documentos, bem como o *Journal of The Institute of Brewing* como principal fonte de publicação.

O Brasil aparece em 10º (décimo) no ranking geral de publicações com 4 documentos. Destaca-se o estudo de Rodríguez et al. (2018), onde é realizada uma revisão bibliográfica do uso do sorgo na produção de cerveja. A revisão sistemática de literatura forneceu uma ferramenta bibliométrica capaz de avaliar o estado da arte a respeito das publicações sobre a temática abordada. Através dela, puderam ser identificados os principais autores e pesquisas relevantes capazes de embasar e nortear os trabalhos futuros. O principal objetivo da pesquisa, de evidenciar a realização de pesquisas sobre o sorgo para produção de cerveja pela comunidade científica, foi comprovado.

REFERÊNCIAS

AISEN, A. O.; MUTS, G. C. J. Micro-scale malting and brewing studies of some sorghum varieties. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 93, p. 328-331, 1987.

BERNARDO, Cristiany Oliveira; et al. Impact of extruded sorghum genotypes on the rehydration and sensory properties of soluble beverages and the Brazilian consumers' perception of sorghum and cereal beverage using word association. **Journal of Cereal Science**, v. 89, 2019.

BRASIL. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da cerveja: 2019** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA/SDA, 2020. 16 p., il.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Doença celíaca. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/dicas-em-saude/2061-doenca-celiaca>. Acesso em 25 set 2020.

CHIA, S. Y.; et al. Nutritional composition of black soldier fly larvae feeding on agro-industrial by-products. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 168, p. 472-481, 2020.

DAIBER, K. H. Enzyme inhibition by polyphenols of sorghum grain and malt. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 26, p. 1399-1411, 1975.

- DICKO, M. H.; et al. Sorghum grain as human food in Africa: Relevance of content of starch and amylase activities. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, p. 384-395, 2006.
- DLAMINI, B. C.; TAYLOR, J. R. N.; BUYS, E. M. Influence of ammonia and lysine supplementation on yeast growth and fermentation with respect to gluten-free type brewing using unmalted sorghum grain. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 55, p. 841-850, 2020.
- DRESCH, A. D. P. LACERDA, ANTUNES, J. A. V. **Design science research: A method for science and technology advancement**. Switzerland: Springer, 2015. 180 p.
- EKUNDAYO, J. A. The production of pito, a Nigerian fermented beverage. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 4, p. 217-225, 1969.
- EMBASHU, W.; NANTANGA, K. K. M. Malts: Quality and phenolic content of pearl millet and sorghum varieties for brewing nonalcoholic beverages and opaque beers. **Cereal Chemistry**, v. 96, p. 765-774, 2019.
- EMBASHU, W.; NANTANGA, K. K. M. Pearl millet grain: A mini-review of the milling, fermentation and brewing of ontaku, a non-alcoholic traditional beverage in Namibia. **Transactions of the Royal Society of South Africa**, v. 74, p. 276-282, 2019.
- ESTEVIÃO, S. T.; BATISTA DE ALEMMA E SILVA, J.; LOURENÇO, F. R. Development and optimization of beer containing malted and non-malted substitutes using quality by design (QbD) approach. **Journal of Food Engineering**, v. 289, 2020.
- GARCIA, Simone. **Por dentro do cocho – Sorgo: vale a pena utilizar?** Disponível em: <https://agrocereasmultimix.com.br/blog/por-dentro-do-cocho-sorgo-vale-pena-utilizar/>. Agrocereas Multimix. Acesso em: 23 set. 2020.
- GUMIENNA, M.; GÓRNA, B. Gluten hypersensitivities and their impact on the production of gluten-free beer. **European Food Research and Technology**, v. 246, p. 2147-2160, 2020.
- KUNZE, W. **Technology of Malting and Brewing**. 9. ed. Berlin: VLB Belin, 2007. 726 p.
- MORRALL, P.; et al. Effect of germination time, temperature and moisture on malting of sorghum. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 92, p. 439-445, 1986.
- NOUT, M. J. R. Rich nutrition from the poorest - Cereal fermentations in Africa and Asia. **Food Microbiology**, v. 26, p. 685-692, 2009.
- NOUT, M. J. R.; DAVIES, B. J. Malting characteristics of finger millet, sorghum and barley. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 88, p. 157-163, 1982.
- ODHAV, B.; NAICKER, V. Mycotoxins in South African traditionally brewed beers. **Food Additives and Contaminants**, v. 19, p. 55-61, 2002.
- OKOLO, B. N.; et al. Influence of malted barley and exogenous enzymes on the glucose/maltose balance of worts with sorghum or barley as an adjunct. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 126, p. 46-52, 2020.
- OSEGUERA-TOLEDO, M. E.; et al. Physicochemical changes of starch during malting process of sorghum grain. **Journal of Cereal Science**, v. 95, 2020.
- PALMER, G. H. Morphology of starch granules in cereal grains and malts. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 78, p. 326-332, 1972.

RUBIO-FLORES, M.; et al. Use of *Aspergillus oryzae* during sorghum malting to enhance yield and quality of gluten-free lager beers. **Bioreources and Bioprocessing**, v. 7, p. 1-11 2020.

STEYN, B.; ANTONITIES, A. Plant use in southern Africa's Middle Iron Age: the archaeobotany of Mutamba. **Azania**, v. 54, p. 350-368, 2019.

TAYLOR, J. R. N.; SCHOBBER, T. J.; BEAN, S. R. Novel food and non-food uses for sorghum and millets. **Journal of Cereal Science**, v. 44, p. 252-271, 2006.

SEIDL, C. **O catecismo da cerveja**. São Paulo: Senac, 2003. 385 p.