



Inspeção visual automática de grãos agrícolas: relações entre a publicação científica e a produção e o consumo de grãos

Automatic visual inspection of agricultural grains: relationships between scientific publication and grains production and consumption

Recebido: 03 ago. 2022


Aprovado: 03 ago. 2022

Versão do autor aceita publicada online: 03 ago. 2022

Publicado online: 12 ago. 2022

Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA)

Gomes, R. A., Veiga Júnior, E., & Araújo, S. A. (out./dez. 2024). Inspeção visual automática de grãos agrícolas: relações entre a publicação científica e a produção e o consumo de grãos. *Exacta*, 22(4), p. 1265-1277. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.22654>

Submeta seu artigo para este periódico 

Processo de Avaliação: *Double Blind Review*

Editor:  Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto



Dados Crossmark



Inspeção visual automática de grãos agrícolas: relações entre a publicação científica e a produção e o consumo de grãos

Automatic visual inspection of agricultural grains: relationships between scientific publication and grains production and consumption

 Robson Ap. Gomes  Eli Veiga Júnior  Sidnei Alves de Araújo

Universidade Nove de Julho – UNINOVE / São Paulo, SP - Brasil 

Nota dos Autores

Autores declaram que não há conflitos de interesses.

Autor correspondente: Robson Ap. Gomes

Agradecimentos: FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo / CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Remove

Resumo

Uma das tecnologias amplamente empregadas na indústria 4.0 é a visão computacional. No contexto da Agroindústria 4.0, essa tecnologia tem propiciado a implementação de ferramentas computacionais para inspeção automática da qualidade visual de produtos agrícolas, desde o plantio até a pós-colheita. A inspeção visual de grãos agrícolas na etapa de pós-colheita, por exemplo, pode gerar diferenciais competitivos para as empresas visto que possibilita maior padronização dos resultados levando à obtenção de produtos com maior qualidade e, portanto, com maior valor agregado. A produção científica acerca da temática “inspeção visual automática de grãos agrícolas” tem crescido muito nas últimas duas décadas. Contudo, não sabe se o volume de publicações científicas dos países que mais se destacam neste campo de pesquisa guarda alguma relação (direta ou indireta) com o volume de grãos produzidos ou consumidos pelos mesmos. O presente trabalho fornece um panorama das publicações científicas sobre a temática investigada, considerando o período 2010 a 2020, bem como os volumes de produção e consumo de grãos como arroz, feijão, milho, soja e trigo. A partir desse panorama investigou-se a existência de relações entre quantidade de artigos publicados e volume de produção/consumo de grãos.

Palavras-chave: agroindústria 4.0, visão computacional, inspeção visual automática, grãos.

Abstract

One of the technologies widely used in Industry 4.0 is computer vision. In the context of Agroindustry 4.0, this technology has enabled the implementation of computer tools for automatic inspection of

visual quality of agricultural products, from planting to post-harvest stages. Visual inspection of agricultural grains in the post-harvest stage, for example, can generate competitive advantages to companies, as it allows for greater standardization of results, leading to higher quality products and, therefore, with greater added value. Scientific production on the theme “automatic visual inspection of agricultural grains” has grown a lot in the last two decades. Despite that, it is not known if the volume of scientific publications produced by the countries that stand out in this field of research has any relationship (direct or indirect) with the volume of grains produced or consumed by them. The present work provides an overview of scientific publications on the investigated topic, considering the period 2010 to 2020, as well as the production and consumption volumes of grains such as rice, beans, corn, soybeans and wheat. From this panorama, the existence of relationships between the number of published papers and the volume of grain production/consumption was investigated.

Keywords: agroindustry 4.0, computer vision, automatic visual inspection, grains.

1 Introdução

Entre os diversos desafios enfrentados pela agroindústria destaca-se a necessidade de processos acurados de inspeção visual, imprescindíveis para garantir a qualidade dos produtos e para determinar seus preços de venda. Tais processos geralmente são conduzidos de forma manual e apresentam limitações uma vez que dependem da subjetividade da interpretação humana, que pode levar a imprecisões e inconsistências (ARAÚJO et al., 2015; PESANTE-SANTANA; WOLDSTAD, 2000; KILIÇ et al., 2007; PATIL; YADAHALLI; PUJARI, 2011). Neste contexto, as ferramentas computacionais para automação de tarefas de inspeção visual da qualidade podem gerar diferenciais competitivos para as empresas visto que possibilitam incrementar a quantidade de itens inspecionados, além de produzirem resultados mais acurados e com maior padronização (BROSNAN e SUN, 2003).

A automatização de processos agrícolas tem sido de suma importância para o desenvolvimento do setor, tornando-se imprescindível com o advento da agricultura de precisão (AP) e da agroindústria 4.0 (A4.0) que preconizam o uso das novas tecnologias para otimizar a tomada de decisões e melhorar os processos produtivos visando a obtenção de produtos com maior qualidade e maior respeito ao meio ambiente (MASSRUHÁ e LEITE, 2017; AUDU e AREMU, 2021).

Embora o conceito de AP tenha surgido durante a Terceira Revolução Agrícola, suas técnicas e utilidades foram exploradas principalmente no contexto da Quarta Revolução Industrial, ou Indústria 4.0, por meio do uso de tecnologias como Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT), *Big Data*,

INSPEÇÃO VISUAL AUTOMÁTICA DE GRÃOS AGRÍCOLAS: RELAÇÕES ENTRE A PUBLICAÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO E O CONSUMO DE GRÃOS



Computação em Nuvem (*Cloud Computing*), Inteligência Artificial (IA) e Visão Computacional (VC), justificando a busca por soluções automatizadas para inspeção visual da qualidade de produtos agrícolas (SOTT et al., 2021; ALI et al., 2021). Cabe destacar que AP e A4.0 têm sido amplamente discutidas quando o assunto é o enfrentamento dos desafios relacionados à produção agrícola.

No contexto da A4.0, o emprego de VC combinada com IA tem propiciado o desenvolvimento de sistemas inteligentes para inspeção visual automática de produtos agrícolas, desde a etapa de plantio até a etapa de pós-colheita. Um exemplo é a inspeção visual de grãos agrícolas na etapa de pós-colheita, que pode trazer diferenciais competitivos para as empresas já que possibilita maior padronização dos resultados e, conseqüentemente, a obtenção de produtos com maior qualidade.

A produção científica acerca da temática “inspeção visual automática de grãos agrícolas” tem crescido muito nas últimas duas décadas. No entanto, há uma lacuna de estudos que expliquem se o volume de publicações científicas dos países que mais se destacam neste campo de pesquisa guarda alguma relação com o volume de grãos produzidos ou consumidos por eles. É nesse contexto que se insere o presente trabalho, trazendo um panorama das publicações científicas sobre a temática “inspeção visual automática de grãos agrícolas”, no período 2010 a 2020, bem como os volumes de produção e consumo dos principais grãos (arroz, feijão, milho, soja e trigo). Assim, a partir desse panorama, investigou-se a existência de relações entre o número de trabalhos científicos publicados e os volumes de produção e consumo de grãos.

2 Fundamentação teórica

2.1 Visão Computacional

Visão computacional (VC) consiste em um campo da ciência da computação responsável pelo estudo e desenvolvimento de sistemas computacionais voltados para interpretação de imagens digitais. Assim, a finalidade de um sistema de visão computacional (SVC) é fazer com que um computador imite algumas capacidades do sistema visual humano, como a habilidade de descrever e interpretar o conteúdo de uma imagem (GONZALEZ e WOODS, 2000).

Um SVC eficiente deve ser capaz de extrair um conjunto de características que descrevem com precisão os elementos de uma imagem, que seja compacto o suficiente para reduzir o tempo de processamento de forma a viabilizar a implementação de aplicações que possam ser empregadas na prática, por exemplo, em veículos autônomos, em sistemas de vigilância, em reconhecimento de padrões biométricos e na inspeção visual de produtos industriais e agrícolas (GONZALEZ e WOODS, 2000).

SVCs permitem reconhecer padrões associados aos produtos agrícolas, de forma que o produtor possa avaliar uma amostra de sua colheita e determinar a qualidade do produto, além de possibilitar a identificação de defeitos e pragas que necessitem do uso de defensivos agrícolas e/ou mudanças no manejo do plantio.

O uso da tecnologia de VC traz precisão na inspeção de uma grande variedade de produtos que podem ser analisados em um curto período de tempo, além de otimização de recursos humanos e redução dos custos de produção (XING et al., 2021). Não obstante, VC tem se tornado uma das tecnologias habilitadoras da I4.0 e da A4.0, sendo amplamente utilizada nas indústrias, laboratórios, lavouras e cooperativas para automatizar as tarefas de inspeção da qualidade de produtos, principalmente aqueles cujas aparências visuais determinam qualidade para o consumo e preços de mercado.

2.2 Inspeção da qualidade visual de grãos agrícolas

A qualidade dos produtos agrícolas no Brasil tem como uma das bases reguladoras a Lei nº 9.972, de 25 de maio de 2000, a qual designa as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como padrões oficiais para inspeção e classificação de produtos vegetais, entre os quais estão os grãos de arroz, feijão, milho, soja e trigo. As empresas que fazem a inspeção de tais grãos são filiadas ao MAPA e apenas profissionais capacitados e habilitados realizam a tarefa de inspeção (MAPA, 2021).

As tarefas de inspeção visam assegurar que os produtos estejam livres de odores anormais, umidade, corpos estranhos, impurezas, infestações de pragas e danos mecânicos, garantindo que eles

INSPEÇÃO VISUAL AUTOMÁTICA DE GRÃOS AGRÍCOLAS: RELAÇÕES ENTRE A PUBLICAÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO E O CONSUMO DE GRÃOS



cheguem em plenas condições até o consumidor (MAPA, 2015; EMBRAPA, 2008). Obviamente, quanto menor o número de defeitos encontrados, maior será o valor de mercado do produto.

A inspeção visual de grãos de feijão, por exemplo, é conduzida de forma manual a partir de uma amostra de no mínimo 1 Kg extraída de um lote do produto. Para tanto, primeiro separam-se os objetos estranhos como insetos, pedras e impurezas, utilizando-se uma peneira de crivos circulares com cinco milímetros de diâmetro. Depois disso, determina-se o Grupo, a Classe e o Tipo do feijão. O Grupo está relacionado à espécie botânica; a Classe é determinada de acordo com a coloração das películas dos grãos (Preto, Branco, Cores ou Misturado), independente do grupo. Por fim, o Tipo é definido de acordo com os limites máximos de tolerância de defeitos (ardidos, mofados, carunchados, germinados, impurezas, e matérias estranhas) encontrados na amostra inspecionada (EMBRAPA, 2008).

Os principais problemas associados ao processo manual de inspeção da qualidade são a alta probabilidade de ocorrência de erros, devido à fadiga visual, o alto custo do processo, e a dificuldade de padronização dos resultados (ARAÚJO et al., 2015; PATIL; YADAHALLI; PUJUARI, 2011; CHAUGULE, 2021).

3 Metodologia

O método empregado para elaboração da presente pesquisa foi a revisão da literatura, com o objetivo de responder à seguinte questão norteadora: existe alguma relação entre o número de trabalhos científicos sobre a temática “inspeção visual automática de grãos agrícolas” publicados por um país e os volumes de produção e consumo de grãos do mesmo. Para tanto, foram estabelecidas as cinco etapas ilustradas na Figura 1 e detalhadas na sequência.

Figura 1

Etapas para condução da pesquisa



Fonte: Adaptado de Santos et al. (2017)

- Etapa 1 – escolha das bases de dados: Web of Science, Scopus e Google Scholar;
- Etapa 2 – seleção dos trabalhos publicados no período de 2010 a 2020 combinando as palavras-chave “grain”, “agricultural”, “food”, “automatic inspection” e “computer vision”. Dessa pesquisa, obteve-se como resultado 151 trabalhos;
- Etapa 3 – avaliação dos resultados obtidos na Etapa 2 por meio da leitura dos trabalhos encontrados. Após aplicação dos critérios de exclusão (pertinência ao tema investigado), restaram 66 trabalhos que foram analisados com o auxílio dos softwares Mendeley e VOSviewer;
- Etapa 4 – criação de gráficos para sintetizar os dados numéricos gerados a partir da análise dos trabalhos;
- Etapa 5 – análise dos gráficos para entendimento da problemática investigada e resposta da questão norteadora.

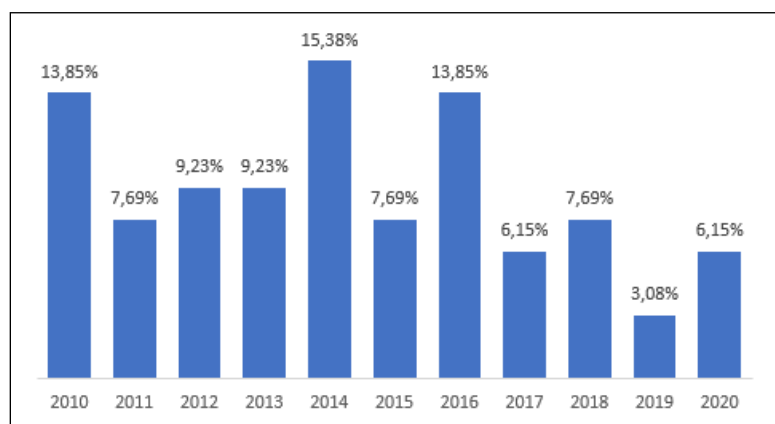
Por fim, é importante destacar que os dados sobre produção e consumo mundial de grãos foram extraídos da documentação e de publicações da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (<https://www.fao.org>).

4 Resultados

Os resultados da investigação conduzida nesta pesquisa estão apoiados pelos gráficos das figuras 2 a 7, os quais auxiliam na resposta da questão norteadora. O histograma da Figura 2 mostra os anos em que houve maior volume de publicação de trabalhos científicos sobre a temática investigada, no período considerado, segundo os critérios desta pesquisa.

Figura 2

Volume de publicações por ano considerando o período de 2010 a 2020



Fonte: Autores

Percebe-se que houve uma queda no volume de publicações a partir de 2017. Mesmo considerando o período de pandemia, não se encontrou uma explicação plausível para este fato.

A Figura 3 representa o *Word Cloud* (nuvem ou mapa de palavras), uma forma de visualização que ilustra os autores (e coautores) que mais publicaram trabalhos sobre a temática investigada, no período considerado.

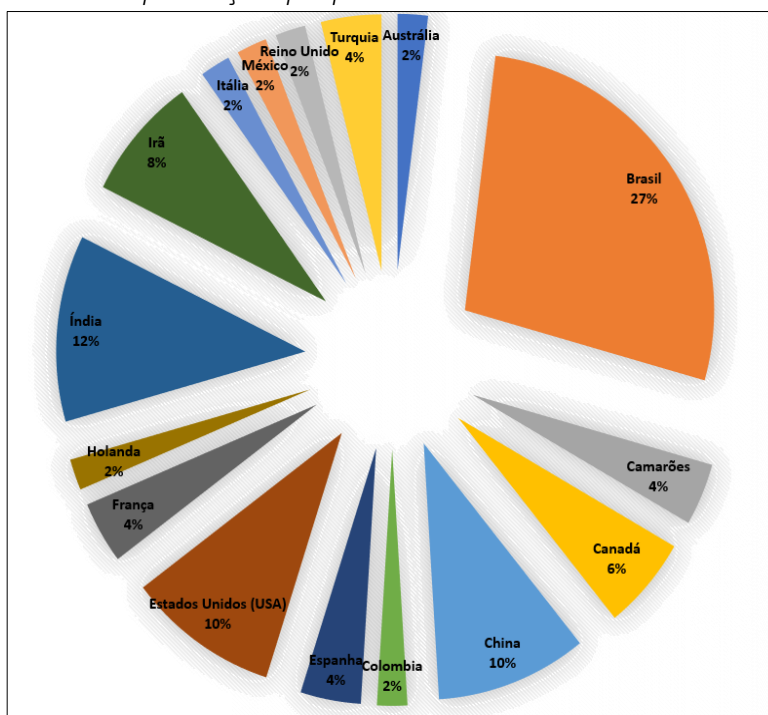
Dos autores que possuem pesquisas relacionadas à temática investigada, dois dos que mais se destacam na Figura 3 são do Brasil e constituem um grupo de pesquisadores que, desde 2012 tem investigado e publicado pesquisas sobre métodos e soluções de software e hardware para inspeção visual automática de grãos de feijão. Entre as publicações do referido grupo, estão as seguintes: Pires et al. (2013), que propuseram um protótipo para seleção automática de grãos de feijão; Araújo et al. (2015), que propuseram um SVC para o processo de segmentação e classificação de grãos em imagens digitais, com taxas de acerto entre 98,87% e 99,95%; Belan, Araújo e Santana (2015) e Belan, Araújo e Alves (2016), os quais desenvolveram SVCs para classificar feijões Carioca, Mulato e Preto contidos em amostras de grãos; Belan et al. (2020), que propuseram um conjunto de hardware e software para segmentação, classificação e identificação de defeitos em grãos de feijão, e que foi posteriormente melhorado por Macedo et al. (2020) com a proposição de um sistema computacional embarcado. Um outro pesquisador que vem se destacando nos últimos anos é o iraniano Zareiforoush, que tem se

INSPEÇÃO VISUAL AUTOMÁTICA DE GRÃOS AGRÍCOLAS: RELAÇÕES ENTRE A PUBLICAÇÃO CIENTÍFICA E A PRODUÇÃO E O CONSUMO DE GRÃOS

O Gráfico da Figura 5 mostra os países que mais publicaram trabalhos sobre a temática investigada, considerando o país de origem do primeiro autor. No período considerado nesta pesquisa o Brasil, seguido de Índia, China e Estados Unidos foram os países que mais publicaram trabalhos científicos sobre inspeção visual automática de grãos agrícolas. Apesar de Índia, China e Estados Unidos possuírem maiores populações (1.393 bilhões; 1.414 bilhões e 331 milhões de habitantes, respectivamente), curiosamente é o Brasil, com população de 213 milhões de habitantes, que aparece com o maior volume de publicações sobre a temática.

Figura 5

Volume de publicações por país

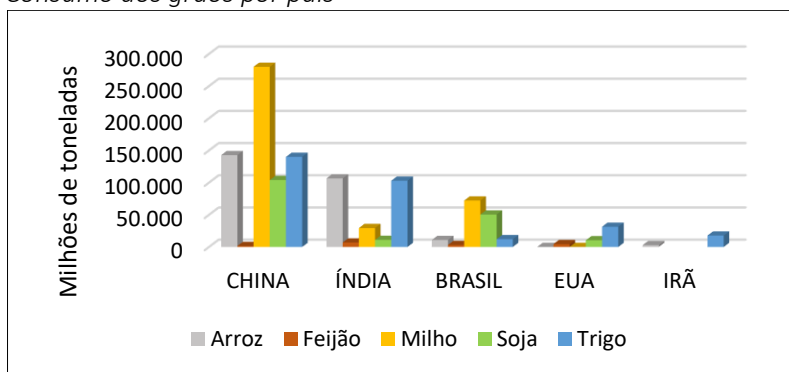


Fonte: Autores

A Figura 6 traz o consumo de grãos (em milhões de toneladas) dos 5 principais países que publicaram trabalhos científicos sobre a temática investigada. A partir dos gráficos das figuras 5 e 6 pode-se observar que não há uma relação direta entre o consumo de grãos agrícolas e o volume de publicação de trabalhos científicos.

Figura 6

Consumo dos grãos por país

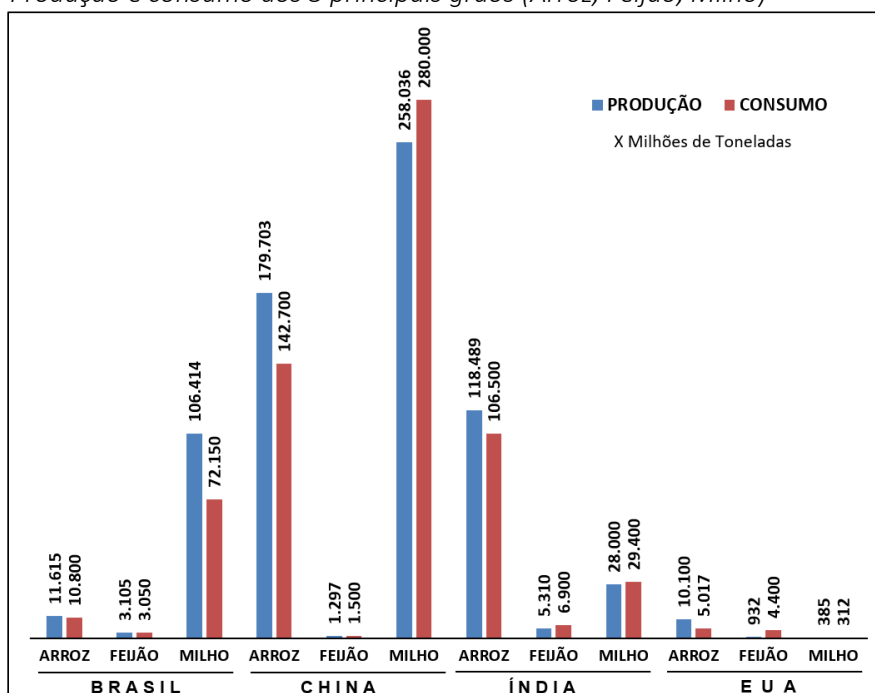


Fonte: Autores

O gráfico da Figura 7 apresenta uma comparação entre produção e consumo de arroz, milho e feijão para os países Brasil, China, Índia e EUA (quatro maiores produtores). O arroz e o milho estão entre os grãos mais produzidos enquanto o feijão é o grão mais citado em trabalhos científicos acerca da temática investigada por esse motivo o grão aparece junto aos demais. A partir desse gráfico é possível perceber que não há uma correlação entre o volume de produção de grãos e o número de publicações dos países supracitados.

Figura 7

Produção e consumo dos 3 principais grãos (Arroz, Feijão, Milho)



Fonte: Autores



5 Considerações finais

O panorama apresentado nesta pesquisa mostrou que o feijão, acompanhado pelo arroz, foram os principais considerados nas pesquisas. No caso do Brasil, este fato pode ser explicado pela importância do grão na dieta do povo brasileiro. Entre os autores que publicam trabalhos abordando pesquisas sobre a temática investigada, pode-se identificar grupos de destaque no Brasil, na China e no Irã, sendo que o grupo brasileiro tem se especializado na inspeção visual automática de grãos de feijão.

Sobre a questão norteadora da presente pesquisa, pode-se observar, a partir dos gráficos das figuras 4 a 7, que o volume de publicação de trabalhos científicos sobre a temática investigada não tem relação direta com o consumo nem com a produção de grãos. Em outras palavras, o fato da China ser o maior consumidor de Arroz não implica, necessariamente, que o país possua maior volume de publicações sobre inspeção visual automática de arroz. Uma análise semelhante pode ser feita no caso do Brasil, se considerarmos que o feijão não é o grão mais consumido ou produzido no país. Contudo, deve haver outros fatores que incentivam os pesquisadores de um determinado país a considerarem certos grãos. No caso do Brasil, provavelmente seja a importância do feijão na dieta do povo brasileiro. Neste sentido, cabem novas pesquisas a fim de investigar esses fatores.

Referências

- Ali, M. M., Hashim, N., Abd Aziz, S., & Lasekan, O. (2021). Quality Inspection of Food and Agricultural Products using Artificial Intelligence. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, 2(2).
- Audu, J., & Aremu, A. K. (2021). Development, evaluation, and optimization of an automated device for quality detection and separation of cowpea seeds. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 5, 240-251.
- Araújo, S. A., Alves, W. A. L., Belan, P. A., & Anselmo, K. P. (2015). A computer vision system for automatic classification of most consumed Brazilian beans. In *International Symposium on Visual Computing* (pp. 45-53). Springer, Cham.

- Belan, P. A., Araújo, S. A., & Santana, J. C. C. (2015). Um Sistema De Análise De Imagens Para Classificação Automática De Grãos De Feijão Brasileiro. In *CILAMCE-Ibero-Latin American Congress on Computational Methods in Engineering* (pp. 1-7).
- Belan, P. A., Araújo, S. A., & Alves, W. A. L. (2016, July). An intelligent vision-based system applied to visual quality inspection of beans. In *International Conference on Image Analysis and Recognition* (pp. 801-809). Springer, Cham.
- Belan, P. A., de Macedo, R. A. G., Alves, W. A. L., Santana, J. C. C., & Araújo, S. A. (2020). Machine vision system for quality inspection of beans. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 111(11), 3421-3435.
- Brosnan, T., & Sun, D. W. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision—a review. *Journal of food engineering*, 61(1), 3-16.
- Embrapa. Manual De Classificação Do Feijão, Instrução Normativa N° 12, de 28 de março de 2008. Disponível em: <[http://www.felgran.com.br/images/Classificacao_Feijao_Embrapa .pdf](http://www.felgran.com.br/images/Classificacao_Feijao_Embrapa.pdf)> Acesso em: 03 abr 2022.
- Chaugule, A. (2021). Survey of Seed Classification techniques. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(13), 1236-1260.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2000). *Processamento de imagens digitais*. Editora Blucher.
- Kılıç, K., Boyacı, I. H., Köksel, H., & Küsmenoğlu, İ. (2007). A classification system for beans using computer vision system and artificial neural networks. *Journal of Food Engineering*, 78(3), 897-904.
- Macedo, R. A., Belan, P. A., & Araújo, S. A. An Embedded Computer Vision System for Beans Quality Inspection. *International Journal of Computer Applications*, 975, 8887.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Cadastro Geral da Classificação <<https://www.agas.com.br/ArtigosNoticias/Arquivos/oficio%20mapa%200921.html>> Acesso em 07 jul. 2019.
- Massruhá, S. M. F. S., & Leite, M. D. A. (2017). Agro 4.0-rumo à agricultura digital. In *Embrapa*



- Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; SILVA, WTL DA; VALE, JMF DO; PURINI, SR DE M.; MAGNONI, M. DA GM; SEBASTIÃO, E.; BRANCO JÚNIOR, G.; ADORNO FILHO, EF; FIGUEIREDO, W. DOS S.; SEBASTIÃO, I.(Org.). *JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil*. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017.
- Patil, N. K., Yadahalli, R. M., & Pujari, J. (2011). Comparison between HSV and YCbCr color model color-texture based classification of the food grains. *International Journal of Computer Applications*, 34(4), 51-57.
- Pesante-Santana, J. A., & Woldstad, J. C. (2000). Quality inspection task in modern manufacturing. In: *International Encyclopedia of Ergonomics*, W. Karwowski (ed), Taylor and Francis, London.
- Pires, A. C., Santana, J. C. C., Pessota, J. H., & Araújo, S. A. (2013). Implementation of a prototype for automatic beans selection. In: *Proceedings of XIX International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, v. 1. p. 1-8.
- Santos, A., Mangini, E. R., Urdan, A. T., & Rossini, F. H. B. (2017). Avaliação bibliométrica em inovação em serviços. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, 7(1), 212-231.
- SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural Coleção SENAR 178 Grãos: classificação de soja e milho, Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/178-GR%C3%83OS.pdf>
> Acesso em 03 abr. 2022.
- Sott, M. K., Nascimento, L. D. S., Foguesatto, C. R., Furstenau, L. B., Faccin, K., Zawislak, P. A., ... & Bragazzi, N. L. (2021). A bibliometric network analysis of recent publications on digital agriculture to depict strategic themes and evolution structure. *Sensors*, 21(23), 7889.
- Xing, L., Wang, Y., Luo, R., & Zou, L. (2021, May). Application of computer vision technology in agricultural products and food inspection. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1915, No. 3, p. 032045). IOP Publishing