

IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA IRRIGAÇÃO: UMA ANÁLISE PROSPECTIVA

- Jacqueline Nascimento Sousa**
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
(Embrapa Semiárido)
- Fábio Nelson de Sousa Pereira**
Universidade Federal do Vale do São Francisco
(UNIVASF)
- Alineaurea Florentino Silva**
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
(Embrapa Semiárido)
- Marcos Antônio Vanderlei Silva**
Universidade do Estado da Bahia (UNEB)
- Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco**
Instituto Federal do Sertão Pernambucano
(IFSertãoPE)

RESUMO

As mudanças climáticas podem afetar a disponibilidade e a demanda de água para a agricultura irrigada, a qual depende da evaporação e precipitação. Com o objetivo de analisar os impactos das mudanças climáticas na demanda de água para irrigação, este trabalho realizou um levantamento prospectivo buscando artigos nos portais CAPES e *Scopus* e patentes depositadas no INPI e *Espacenet* nos últimos dez anos (2012-2022) com este tema. A prospecção feita na base de dados de artigos apresentou certo equilíbrio entre os números encontrados na nacional com a internacional. Já para as patentes, a *Espacenet* se destaca, existindo investigações em que no INPI não se encontra resultado algum para a busca. Constata-se que o Brasil ainda é incipiente, tanto em número de artigos como de patentes neste âmbito, tendo apenas 05 patentes depositadas, sendo três totalmente brasileiras e as outras em parcerias com a Bélgica. No entanto, por ser uma potência agrícola mundial, o país possui condições favoráveis para o desenvolvimento de novas tecnologias nesta área.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas, Eficiência do uso da Água, Prospecção Tecnológica.

■ INTRODUÇÃO

O *Agricultural Outlook*, um esforço conjunto da *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) e a *Food and Agriculture Organization* (FAO), das nações unidas (OECD; FAO, 2022), apontam um crescimento da população mundial de 0,9%, que apesar de ser inferior à média da década anterior (1,1% ao ano) exige a necessidade do constante aumento da produção agrícola, pois, o mesmo documento indica um aumento no consumo de alimentos em 1,4% ao ano na próxima década (2022-2031). E projeções sugerem que o consumo de alimentos não aumentará o suficiente para chegar ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2 (ODS 2) no Fome Zero (Programa da ONU) até 2031.

Para atingir as metas planejadas pelo Programa Fome Zero, a produtividade global da agricultura precisará ter um aumento de 28% no decorrer da próxima década. Esse aumento é três vezes maior que a década passada. Para plantações, será necessário um aumento de 24% em média na produtividade global, que é quase o dobro do aumento alcançado na década passada (13%). O aumento previsto para a próxima década é de 1,1% a.a., esse crescimento na produção se dará na maior parte (80%) por melhoramento genético e utilização de sistemas produção intensivos, por expansão de terras agrícolas (15%) e pelo aumento da intensidade do cultivo (5%) (OECD; FAO, 2022, PEREIRA; DE CASTRO, 2022).

A mudança climática é uma ameaça global para a segurança alimentar e nutricional do mundo. A concentração de CO₂, a qual ocorre em maior proporção devido aos Gases de Efeito Estufa (GEE), está aumentando em uma taxa alarmante. A agricultura é o setor mais vulnerável às mudanças climáticas, devido ao seu tamanho e sensibilidade aos parâmetros do tempo, a variação de temperatura e chuva afetam de forma significativa a produção das lavouras (GONDIM *et al*, 2010; ARORA, 2019; MALHI; KAUR; KAUSHIK, 2021; SKENDŽIĆ *et al*, 2021).

O setor agrícola corresponde a 15% do total de emissões globais de GEE. Estima-se, na próxima década, que as emissões de GEE deste setor terão um aumento de 6%, com a pecuária sendo responsável por 90% desse aumento. Entretanto muitos esforços serão necessários para que o setor agrícola contribua efetivamente para a redução global de emissão de GEE, como determinado pelo Acordo de Paris (MALHI; KAUR; KAUSHIK, 2021; OECD; FAO, 2022).

Com a elevação do nível de CO₂ na atmosfera, a fertilização das plantações é aumentada e diminuem as necessidades energéticas devido ao aquecimento. Entretanto, os recursos hídricos são impactados negativamente (MALHI; KAUR; KAUSHIK, 2021; SKENDŽIĆ *et al*, 2021).

Processos do ciclo hidrológico podem ser alterados pelas mudanças climáticas, como temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, evaporação dos corpos hídricos e

evapotranspiração das plantas, afetando substancialmente a disponibilidade de água para irrigação (GONDIM *et al*, 2011; SKENDŽIĆ *et al*, 2021).

As mudanças climáticas podem efetuar alterações no regime de precipitação e na temperatura, assim como na frequência de eventos climáticos extremos, como o El Niño no semiárido. Essas mudanças modificam a evapotranspiração das plantas, alterando as necessidades hídricas das culturas e da quantidade de água necessária para irrigação retirada de uma bacia (GONDIM, 2009; GONDIM *et al*, 2010)

O aumento da temperatura aumenta a demanda de água na atmosfera, a qual poderá levar a cultura a um estresse hídrico adicional devido à redução de umidade do solo e pode eventualmente diminuir a produção da lavoura. O sensoriamento remoto e imagens via satélite podem auxiliar na predição de vulnerabilidades em agroecossistemas e sugestão de medidas corretivas através de uma abordagem multidisciplinar (SKENDŽIĆ *et al*, 2021).

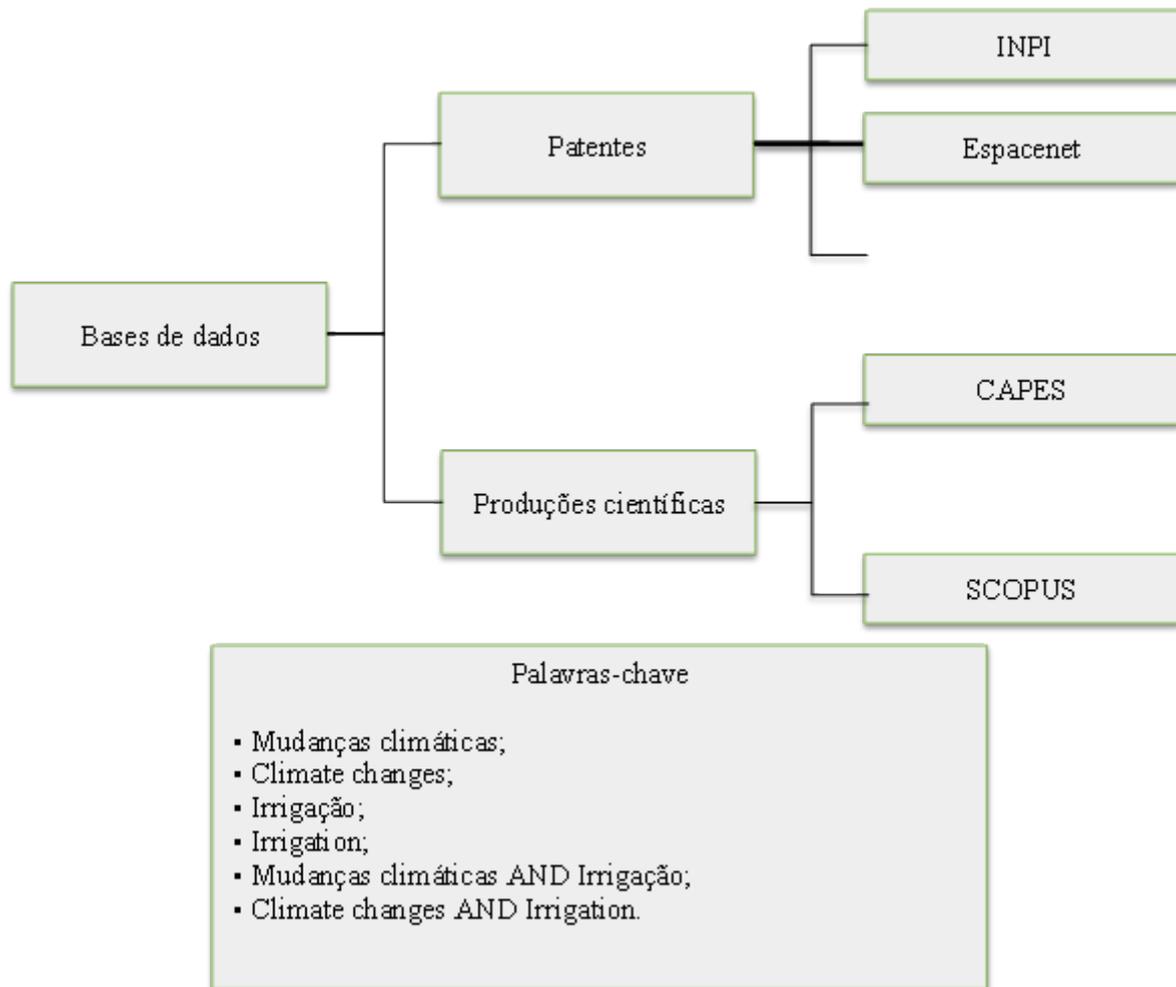
■ MÉTODOS

Para o levantamento dos dados foi realizado a prospecção tecnológica nas bases de artigos publicados em âmbito nacional e internacional. A busca pelas produções científicas sobre a temática foi realizada no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e no *Scopus*. Foram analisados somente artigos de pesquisa e revisão, na busca avançada das bases, sendo utilizados filtros para selecionar artigos relevantes para a pesquisa e considerando-se apenas periódicos revisados por pares. Para a busca de pedidos de patentes foi utilizada a base nacional do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e as internacionais *Espacenet*.

Nas investigações foram utilizadas palavras-chave em línguas portuguesa e inglesa, relacionadas a mudanças climáticas e à irrigação na agricultura, com a operação booleana “AND”, sendo estas: “Mudanças Climáticas”, “*Climate changes*”, “Irrigação”, “*Irrigation*”, “Mudanças Climáticas AND Irrigação” e “*Climate changes AND Irrigation*”.

Na Figura 1, é possível observar como foram realizadas as etapas metodológicas de buscas nas bases de dados de artigos científicos para a realização deste estudo.

Figura 1. Etapas metodológicas de buscas nas bases de dados de artigos científicos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A busca pelas produções científicas ficou limitada as publicações do período de janeiro de 2012 a janeiro de 2022, sendo este intervalo de tempo escolhido por causa do interesse em desenvolvimento tecnológico recente. Posteriormente, os dados obtidos foram organizados em representação visual, como gráficos e tabelas, com o auxílio do software *Microsoft Office Excel*.

■ RESULTADOS

A partir dos resultados encontrados nas bases de dados de artigos científicos, foi possível elaborar a Tabela 1 que apresenta os quantitativos destas publicações que abordam a temática de acordo com as palavras-chave empregadas na busca. Das bases exploradas, a CAPES apresentou o maior número de periódicos, 51.470 para o termo “*Irrigation*”. Já na base internacional, Scopus, o termo “*Climate changes*” obteve o maior quantitativo com 301.812 publicações entre os anos 2012-2022.

Com o objetivo de analisar as inovações existentes na demanda de água irrigada com as mudanças climáticas, a prospecção tecnológica com as palavras-chave em línguas portuguesa e inglesa, Mudanças Climáticas AND Irrigação e “*Climate changes AND Irrigation*”, permitiu encontrar com os termos em inglês um valor considerável de artigos tanto na Capes como na Scopus (Tabela 01). Entretanto a escassez na busca por Mudanças Climáticas AND Irrigação, demonstra a escassez de estudos neste tema e um campo cheio de oportunidades para o Estado brasileiro investir, já que em 2020, o Brasil irrigou 8,2 milhões de hectares, o que representa apenas 3% da área produtiva ocupada pela agropecuária do país (SANTOS *et al.*,2021).

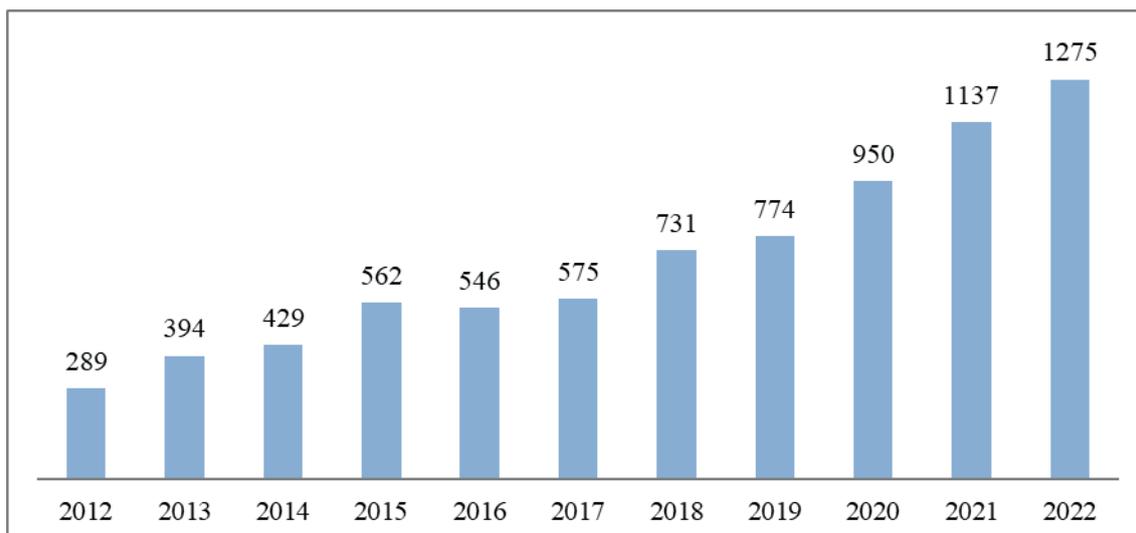
Tabela 1. Palavras-chave utilizadas na busca de artigos científicos com os respectivos resultados numéricos encontrados.

PALAVRAS-CHAVE/KEYWORDS	CAPEs	Scopus
Mudanças Climáticas	821	204
<i>Climate changes</i>	273.327	301.812
Irrigação	1989	464
<i>Irrigation</i>	51.470	40.879
Mudanças Climáticas AND Irrigação	3	2
<i>Climate changes AND Irrigation</i>	6351	7662

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O Gráfico 1 mostra a quantidade de artigos publicados nos últimos dez anos (2012-2022). Entre 2012 - 2014 e 2015-2017 e observa-se uma fase estacionária de publicações, com um crescente pequeno de um a ano a outro. A partir de então o quantitativo de produções nessa área passa a subir, chegando a 1275 no ano de 2022, fato justificado pelo maior investimento nesta área já que a expectativa para 2050 é de que haja quase 10 bilhões de pessoas no mundo, 2 bilhões a mais que a atual (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2020). Assim existe uma lacuna imensa entre a quantidade de alimentos produzidos hoje e a quantidade necessária no futuro próximo, principalmente considerando as influências das mudanças climáticas na agricultura (FERNANDO,2023).

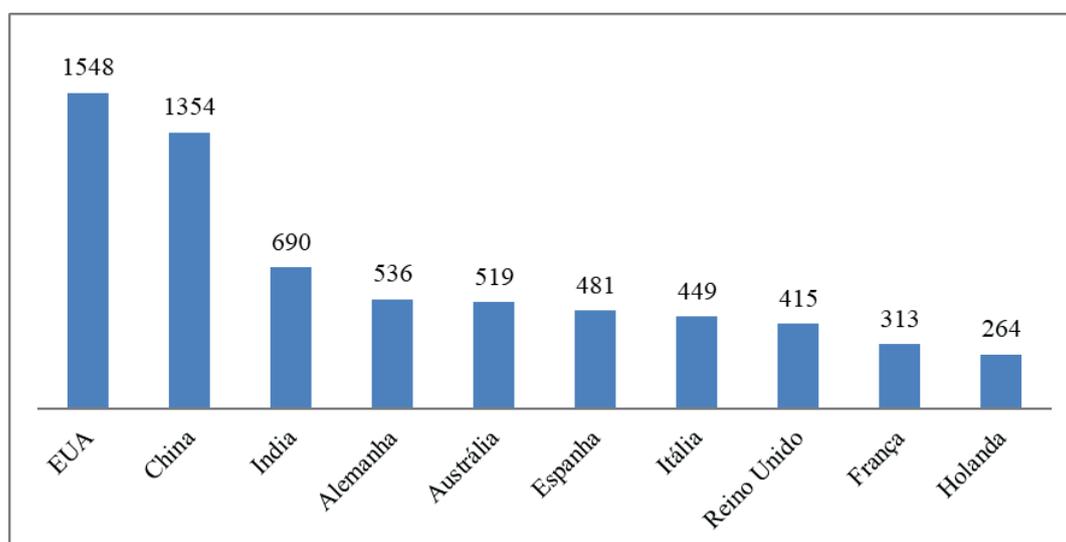
Gráfico 1. Publicações de artigos científicos nas bases analisadas.



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados coletados na base Scopus (2023).

A distribuição dos artigos científicos depositados sobre *Climate changes AND Irrigation*, com relação aos 10 principais países de prioridade, demonstra que dos 7662 documentos, quase 40% concentram-se em EUA e China como países de prioridade, seguida pela Índia com 690 documentos e Alemanha com 536 (Gráfico 02). Nesta lista, o Brasil nem se quer é citado, mostrando assim como este campo tem muito que expandir no nosso país, uma vez que o Brasil está entre os países com maior área irrigada do planeta (ANA, 2018).

Gráfico 2. Quantitativo de artigos por países referentes as palavras-chaves *Climate changes AND Irrigation*.

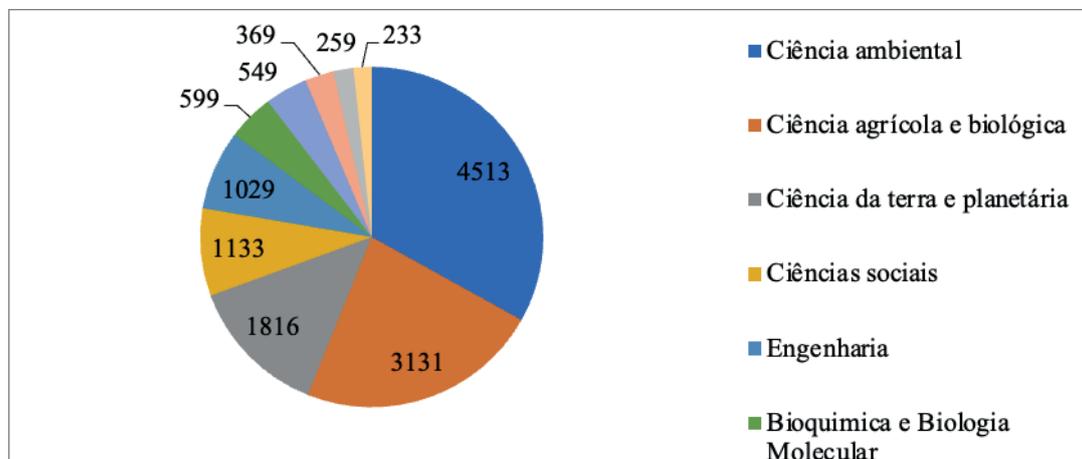


Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados coletados na base Scopus (2023).

A concentração dos estudos nas áreas da ciência ambiental, agrícola e biológica associada a ciência da terra e planetária representada no Gráfico 3, pode ser justificada pelo fato das mudanças climáticas serem um elemento vital, no crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas agrícolas, não apenas por influenciarem sobre os estresses de natureza abiótica, mas também poderão intensificar aqueles de natureza biótica, como os

problemas fitossanitários, pois os fitopatógenos e as pragas ocasionam drásticas reduções de produtividade, colocando em perigo a sustentabilidade ambiental e econômica de várias atividades agrícolas (CINTRA *et al.*, 2020).

Gráfico 3. Quantitativo de artigos por países referentes as palavras-chaves *Climate changes AND Irrigation*.



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados coletados na base Scopus (2023).

A concentração dos estudos nas áreas da ciência ambiental, agrícola e biológica associada a ciência da terra e planetária pode ser justificada pelo fato das mudanças climáticas serem um elemento vital, no crescimento, desenvolvimento e rendimento das culturas agrícolas, não apenas por influenciarem sobre os estresses de natureza abiótica, mas também poderão intensificar aqueles de natureza biótica, como os problemas fitossanitários, pois os fitopatógenos e as pragas ocasionam drásticas reduções de produtividade, colocando em perigo a sustentabilidade ambiental e econômica de várias atividades agrícolas (CUADRA *et al.*, 2018).

A partir da busca na base Scopus pelos 10 trabalhos mais citados no estudo de influências das mudanças climática na demanda por água irrigada no mundo entre os anos 2012-2022, apresenta-se novamente o destaque para EUA, China e Europa no topo dos três países com os artigos mais citados (Tabela 2). Segundo Scott *et al.*, 2018, a elevação em 1 °C na temperatura média mundial nos últimos anos tem afetado grandes áreas de produção e diferentes agroecossistemas justamente na Ásia, América do Norte, África, América Central e América do sul influenciando assim a produtividade na agricultura mundial.

Tabela 2. Trabalhos mais citados sobre o tema com indexação no Scopus, 2012-2022.

Título	Autor(s)	Ano	Revista	Nº de Citações
The state and fate of himalayan glaciers	Bolch, T., Kulkarni, A., Kääb, A., (...), Bajracharya, S., Stoffel, M	2012	<i>Science</i>	1403
China and India lead in greening of the world through land-use management	Chen, C., Park, T., Wang, X., (...), Nemani, R.R., Myneni, R.B.	2019	<i>Nature Sustainability</i>	1241
A continental-scale hydrology and water quality model for Europe: Calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT model	Abbaspour, K.C., Rouholahnejad, E., Vaghefi, S., (...), Yang, H., Kløve, B.	2015	<i>Journal of Hydrology</i>	905
The Millennium Drought in southeast Australia (2001-2009): Natural and human causes and implications for water resources, ecosystems, economy, and society	Van Dijk, A.I.J.M., Beck, H.E., Crosbie, R.S., (...), Timbal, B., Viney, N.R.	2013	<i>Water Resources Research</i>	871
Global water resources affected by human interventions and climate change	Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., (...), Wada, Y., Wisser, D.	2014	<i>Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America</i>	778
Soil erosion, conservation, and eco-environment changes in the loess plateau of china	Zhao, G., Mu, X., Wen, Z., Wang, F., Gao, P.	2013	<i>Land Degradation and Development</i>	672
Constraints and potentials of future irrigation water availability on agricultural production under climate change	Elliott, J., Deryng, D., Müller, C., (...), Tang, Q., Wisser, D.	2014	<i>Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America</i>	664
Climate change impacts on glaciers and runoff in Tien Shan (Central Asia)	Sorg, A., Bolch, T., Stoffel, M., Solomina, O., Beniston, M.	2012	<i>Nature Climate Change</i>	649
Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization	Machado, R.M.A., Serralheiro, R.P.	2017	<i>Horticulturae</i>	645
Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability	Rockström, J., Williams, J., Daily, G., (...), Sibanda, L., Smith, J.	2017	<i>Ambio</i>	522

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Para as bases de patentes, a busca foi realizada com as mesmas palavras-chave no idioma português no INPI e inglês na *Espacenet*. O Brasil está carente de patentes nesta área, como representado na Tabela 3 abaixo, visto que, o INPI apresentou um menor número de documentos depositados, tendo na maioria das combinações das palavras resultado nulo para as buscas. Já para a base internacional, o número de patentes depositadas entre 2012-2022 é bastante expressivo, principalmente na comparação com a base nacional, onde se obteve para palavras gerais, como *Climate changes* 129 048 documentos. Na busca com os dois termos juntos Mudanças Climáticas AND Irrigação no INPI não foram encontradas nenhuma patente depositada enquanto na *Espacenet* 263 patentes estão depositadas para as palavras-chave *Climate changes AND Irrigation*.

Tabela 3. Palavras-chave utilizadas na busca de patentes com os respectivos resultados numéricos encontrados.

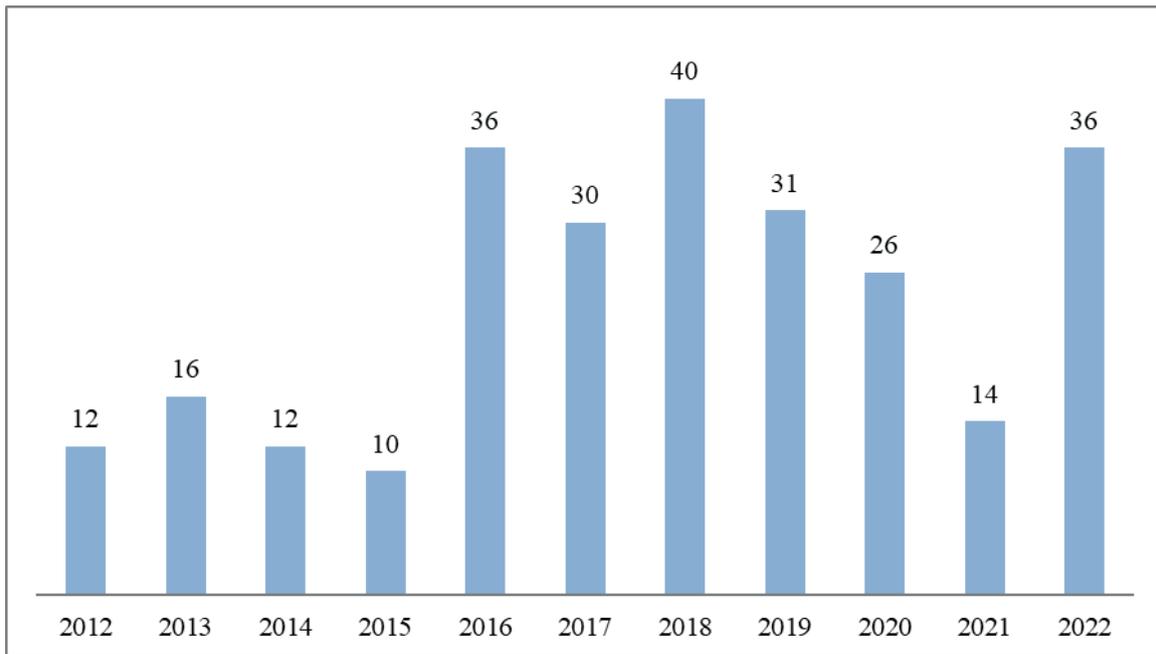
Palavras-chave/keywords	INPI	Espacenet
Mudanças Climáticas	55	0
<i>Climate changes</i>	0	129 048
Irrigação	238	13
<i>Irrigation</i>	0	275 871
Mudanças Climáticas AND Irrigação	0	0
<i>Climate changes AND Irrigation</i>	0	263

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Dos 263 pedidos de depósito de patente encontrados, a partir das buscas realizadas na base de dados do *Espacenet* com as palavras-chave *Climate changes AND Irrigation* foram observados registros entre os anos de 2012 e 2022 (Gráfico 4). Ao se considerar este intervalo de tempo em sua integralidade, verificou-se um aumento no número de patentes relacionadas a tecnologias que buscam reduzir o impacto nas mudanças climáticas e o consumo de água na irrigação mundial. No entanto, ao se fazer uma análise a partir da data inicial de 2012 até o ano de 2015, um número bem reduzido de documentos se comparados com os anos seguintes.

A partir deste ano, têm-se dois triênios interessantes. O primeiro 2016-2018, com uma crescente de depósitos atingindo 40 documentos em 2018 e no segundo cenário, 2020-2022, pôde-se observar um comportamento de queda, justificado pelo início da pandemia do Covid-19 e o isolamento da população para contenção do vírus, onde os trabalhos se mantiveram suspensos por quase todo ano, cenário este substituído no ano seguinte por Teletrabalho a partir da descoberta das vacinas e início da imunização da população mundial, onde os depósitos saem de 26 para 14 e se reestabelecendo em 2022 com 36 documentos voltando a média dos três anos anteriores.

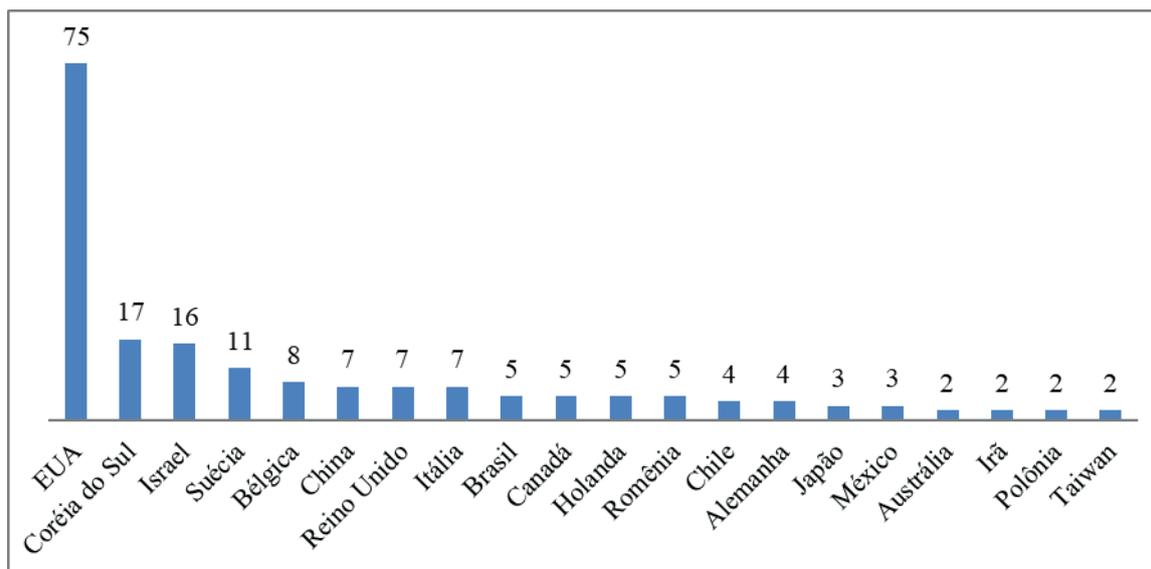
Gráfico 4. Quantitativo de patentes por ano referentes as palavras-chave *Climate changes AND Irrigation*.



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados coletados na base *Espacenet* (2023).

Para apontar os países mais atuantes na geração de tecnologias de interesse nesta área, seguiu-se a prospecção da base *Espacenet* mantendo mesmo o binário de termos *Climate changes AND Irrigation*. O Gráfico 5 contém o resultado geral, com 20 países detentores de patentes onde o Brasil aparece entre os 10 países com maior número de patentes (os top-10), ocupando apenas a 7ª posição em comparação com os países depositantes dos processos ou sistemas descritos em documentos contendo estas palavras-chave. Dentro do campo tecnológico pesquisado, a primeira publicação ocorreu em 1987, época em que o agronegócio já estava se modernizando, a qual estava relacionada com a agricultura de precisão. Foi justamente nessa época que o Brasil deixou de ser importador de alimentos e passou para a condição de provedor para o mundo, inclusive o setor do agronegócio contribuiu para o superávit da balança comercial brasileira (EMBRAPA, 2022).

Gráfico 5. Quantitativo de patentes por países referentes às palavras-chaves *Climate changes AND Irrigation*.



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados coletados na base *Espacenet* (2023).

Seguindo análise dos dados obtidos dentre os países depositários, observou-se que os Estados Unidos (US) figuraram-se como principal, com 75 patentes depositadas durante os anos 2012 e 2022, seguido de Coreia do Sul e Israel quase empatados, com 17 e 16 depósitos respectivamente. A partir daí, o gráfico 5 abaixo apresenta a distribuição de dez países com uma uniformidade na quantidade de patentes identificadas na base consultada, sendo eles: a) Suécia - 11; b) Bélgica - 08; c) China, Estados Unidos e Itália- 7; d) Brasil, Canadá, Holanda e Romênia, - 5; e) Chile, Alemanha- 4; f) Japão e México-3; g) Austrália, Irã, Polônia e Taiwan-2.

■ CONCLUSÃO

As mudanças climáticas impactam na demanda de água para irrigação, onde a elevação nas temperaturas promove uma maior demanda para evapotranspiração das plantas, ou seja, um incremento nesta necessidade. Considerando o Brasil uma potência agrícola mundial, a agricultura irrigada se apresenta como uma estratégia tecnológica fundamental para que ele se consolide como uma potência AgroAmbiental.

Assim a prospecção tecnológica permite analisar os conhecimentos e tecnologias já produzidos sobre determinado produto, servindo de orientação geral para a prática de pesquisa científica quando se busca a inovação de produtos. Neste sentido, e com base na análise dos dados da prospecção tecnológica sobre os impactos das mudanças climáticas na irrigação, foi verificado que dos 263 depósitos feitos apenas 05 são brasileiros, evidenciando com isso a necessidade de se realizar pesquisas sobre esta temática por se trata

de um dos maiores produtores agrícolas do mundo e o quinto maior emissor de gases do efeito estufa no ano de 2021.

■ REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional Das Águas - **Atlas Irrigação. Uso da água na agricultura irrigada**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2017. Disponível em: <http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>. Acesso em: 27, maio, 2020.

ARORA, N. K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. **Environmental Sustainability**, v. 2, n. 2, 2019.

BEZERRA, S.A.F.; SILVA, T.G.F.; SOUZA, L.S.B.; MOURA, M.S.B.; MORAIS, J.E.F.; DINIZ, W.J.S.; QUEIROZ, M.G. Demanda hídrica bruta da Palma Forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física** vol. 08, p.1628-1643,2015. Disponível: <https://pdfs.semanticscholar.org/51fa/dd0d397c07160b0dfb8053047d983a8ed547.pdf> . Acesso. 07 de mai. 2023.

CINTRA, P. H. N.; MELO, O. F. P.; MENEZES, J. O. S. PRODUÇÃO AGRÍCOLA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PRODUTIVIDADE DE PLANTAS GRANÍFERAS NO BRASIL. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.11, n.1, p.87-94, 2020. Disponível: <https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/view/9720>. Acesso 15 de jun. 2023.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (Capes). Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/>. Acesso em 10 mai. 2023.

CUADRA, S. V.; HEINMANN, A. B.; MADARI, B. E.; ASSAD, E. D.; OLIVEIRA, P. P.; ANGELOTTI, F.; PETRERE, V. G.; VICTORIA, D. C.; PEREIRA, L. G. R.; GONDIM, R. S.; OLIVEIRA, A. F.; HIGA, R. C. V. **Mudanças climáticas e a agropecuária brasileira**. s.l, 1v, s.n.t, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184190/1/Livro-Santiago-Cuadra-23-32.pdf>. Acesso 18 de mai. 2023.

ELSEVIER. Scopus. **Amsterdam**, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/>. Acesso em: 10 mai. 2023.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Trajetória da Agricultura Brasileira: uma viagem ao passado para pensar no futuro**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 14 jun. 2023.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**, Brasília, DF, 2018. 212p. il. color. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+ futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829?version=1.1>. Acesso em: 14 jun. 2023.

Espacenet. Disponível em : <https://worldwide.espacenet.com/patent/search>. Acesso em 05 mai. 2023.

FERNANDO, L.; CAMPOS, F. L. S. Prospecção Tecnológica Voltada para o Agronegócio. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 16, n. 4, Edição Prospect, p. 952-965, maio de 2023. Disponível: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/50345>. Acesso 18 de jun. 2023.

GONDIM, R. S. Mudanças climáticas e impactos na demanda de água para irrigação na bacia do Jaguaribe. 2009. 209 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos)-Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/16854>. Acesso em: 20 jun. 2023.

GONDIM, R. S.; DE CASTRO, M. A.; TEIXEIRA, A. D. S.; EVANGELISTA, S. R. D. M. Impactos das mudanças climáticas na demanda de irrigação da bananeira na Bacia do Jaguaribe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 594-600, 2011. Disponível: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/D45JwMCKbxpVg7CSvfLTf3Q/?format=pdf> . Acesso 05 de mai. 2023.

GONDIM, R. S.; MAIA, A.; FUCK JUNIOR, S. D. F.; EVANGELISTA, S. Mudanças climáticas, agricultura irrigada e integração de modelos. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 3., 2010, Fortaleza. **Anais...** Sobral: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2010.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Base de patentes**, 2023. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp> Acesso em: 10 mai. 2023.

NOBRE, C. A.; REID, J.; VEIGA, A. P. S.; PELLEGRINO, G. Q. **Fundamentos Científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, 2012. 44 p.

OECD; FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031**. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **O Estado da Alimentação e Agricultura**. 2020. Disponível: <https://www.fao.org/documents/cards/en/c/cb1447en>. Acesso 18 de jun. 2023.

PEREIRA, C. N.; DE CASTRO, C. N. **Expansão da produção agrícola, novas tecnologias de produção, aumento de produtividade e o desnível tecnológico no meio rural**. Texto para Discussão No. 2765. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10419/265284> Acesso em: 23 jun. 2023.

Relatório Anual 2021 Disponível em: <https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/tnc-relatorioanual2021.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2022.

SANTOS, C. dos; GORETTI, G. dos S.; BELÉM, F. C.; PEIXOTO, L. A. N.; RODRIGUES, L. N. **Agricultura irrigada: estratégias para o desenvolvimento sustentável do Brasil, 2021**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1133753/agricultura-irrigada-estrategias-para-o-desenvolvimento-sustentavel-do-brasil>. Acesso em: 03 de mai. 2023.

SCOTT, C. E.; MONKS, S. A.; SPRACKLEN, D. V.; ARNOLD, S. R.; FORSTER, P. M.; RAP, A.; ÄIJÄLÄ, M.; ARTAXO, P.; CARSLAW, K. S.; CHIPPERFIELD, M. P.; EHN, M.; GILARDONI, S.; HEIKKINEN, L.; KULMALA, M.; PETÄJÄ, T.; REDDINGTON, C. L. S.; RIZZO, L. V.; SWIETLICKI, E.; VIGNATI E.; WILSON C. Impact on short-lived climate forcers increases projected warming due to deforestation. **Nature Communications**, v. 9, p. 1-9, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-02412-4>. Acesso 18 de mai. 2023.

SKENDŽIĆ, S.; ZOVKO, M.; ŽIVKOVIĆ, I.P.; LEŠIĆ, V.; LEMIĆ, D. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. **Insects** 2021, 12, 440. 2021. <https://doi.org/10.3390/insects12050440>