

## Índices de conforto térmico em aves de produção – Revisão sistemática

Thermal comfort index in birds – A systematic review

Índices de comodidad térmica en aves de producción – Revisión sistemática

Recebido: 17/05/2023 | Revisado: 29/05/2023 | Aceitado: 06/06/2023 | Publicado: 11/06/2023

**Cristhiano Ferreira Calderaro**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2759-1193>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: [cristhianocalderaro@yahoo.com.br](mailto:cristhianocalderaro@yahoo.com.br)

**Kathery Brennecke**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6758-9532>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: [katherybr@yahoo.com.br](mailto:katherybr@yahoo.com.br)

**Luiz Arthur Malta Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0287-1323>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: [luiz.pereira@ub.edu.br](mailto:luiz.pereira@ub.edu.br)

**Leticia Salomão Barbosa Adorno**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3927-3298>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: [leadorno@hotmail.com](mailto:leadorno@hotmail.com)

**Otto Oliveira Martins**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7896-3039>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: [ottoo.martins.pf@gmail.com](mailto:ottoo.martins.pf@gmail.com)

**Tamires de Oliveira Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3243-6038>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: [yamat.lima@gmail.com](mailto:yamat.lima@gmail.com)

**Sarah Sgavioli**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1156-2386>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: [sarahsgavioli@yahoo.com.br](mailto:sarahsgavioli@yahoo.com.br)

### Resumo

Com base na importância do tema, este trabalho propôs realizar uma revisão sistemática dos trabalhos publicados envolvendo variáveis biometereológicas e índices de conforto térmico para as aves de produção (frangos de corte, poedeiras comerciais e matrizes). Esta revisão sistemática foi realizada por meio de pesquisa e seleção de artigos completos, publicados em periódicos científicos, em três bancos de dados digitais (*Scopus*, *Scielo* e *PubMed*). Os critérios utilizados para a seleção dos artigos foram publicações em periódicos nacionais e internacionais e artigos com dados sobre desempenho e variáveis biometereológicas ou índices de conforto térmico. Na determinação do banco de dados criados desta revisão, a categoria frango de corte contribuiu com 64,29% dos trabalhos, poedeiras comerciais com 33,93% dos artigos e matrizes com 1,78%. O parâmetro temperatura dentre as variáveis biometereológicas foi avaliado em 100% das publicações de frangos de corte e poedeiras comerciais, no entanto, do total de 56 artigos que entraram para a revisão sistemática, apenas 25,00% calcularam índices de conforto térmico. Conclui-se com base na revisão sistemática, que apesar da crescente evolução da publicação de trabalhos envolvendo os índices de conforto térmico em aves, este tema ainda requer atenção dos pesquisadores, com o objetivo de desenvolver técnicas que favoreçam o conforto térmico de aves de produção.

**Palavras-chave:** Ambiência; Bioclimatologia; Frangos de corte; Matrizes; Poedeiras.

### Abstract

Considering this issue importance, the present study aimed to elaborate a systematic review on biometeorological variables and thermal comfort indexes for poultry (broiler chicken, layer hens and broiler breeders). This systematic review was accomplished through search and selection of complete papers published on scientific journals, within three digital data banks (*Scopus*, *Scielo* and *PubMed*). The papers selection used criteria were publications on national and international journals, and papers containing data regarding performance and biometeorological variables or thermal comfort indexes. In the data bank created for this review, the broiler chicken category contributed with 64.29% of the papers, while layer hens appeared in 33.93% of the scientific reports, and broiler breeders in 1.78%. The temperature parameter was the biometeorological variable with 100.00% occurrence in the studies for the broilers

and layer hens, nevertheless, within the 56 papers analyzed in this systematic review, only 25.00% of it calculated thermal comfort indexes. Based on this review, it is concluded that, despite the increasing evolution on paper publications regarding birds thermal comfort indexes, this issue still requires research attention, aiming the development of techniques that favor thermal comfort for poultry breeding.

**Keywords:** Ambience; Bioclimatology; Broiler; Breeders; Layer hens; Meteorology.

### Resumen

Con base en la importancia del tema, este trabajo propone realizar una revisión sistemática de los estudios ya publicados abarcando variables biometeorológicas y índices de comodidad térmica para aves de producción (pollos de engorde, ponederas y matrices). Esta revisión sistemática fue desarrollada por medio de pesquisa e selección de artículos completos, publicados en revistas científicas, en tres bancos de datos digitales (*Scopus*, *Scielo* y *PubMed*). Los criterios utilizados para la selección de los artículos fueran publicaciones en revistas nacionales y internacionales y artículos con datos sobre desempeño y variables biometeorológicas o índices de comodidad térmica. En la determinación del banco de datos criados de esta revisión, la categoría pollos de engorde contribuyó con 64,29% de los trabajos, ponederas con 33,93% de los artículos y matrices con 1,78%. El parámetro temperatura entre las variables biometeorológicas fue evaluado en 100% de las publicaciones de pollos de engorde y ponederas, sin embargo, en un total de 56 artículos científicos que fueran considerados para esta revisión sistemática, solamente 25,00% calcularan índices de comodidad térmica. Se concluye con base en esta revisión que, a pesar da creciente evolución de publicación de trabajos abarcando los índices de comodidad térmica en aves, este tema aún necesita atención de los investigadores científicos, con la finalidad de desarrollar técnicas que favorezcan la comodidad térmica de aves de producción.

**Palabras clave:** Ambiente; Bioclimatología; Pollos de engorde; Matrices; Ponederas.

## 1. Introdução

Na avicultura industrial, o ambiente está intimamente relacionado ao conforto térmico das aves, uma vez que, por serem animais homeotérmicos, têm sua temperatura corporal influenciada pelo ambiente a qual estão inseridos (Souza et al., 2014). Desta forma, o ambiente interno dos aviários deve ser controlado para que as aves possam ser mantidas dentro da zona de conforto térmico, reduzindo efeitos térmicos negativos sobre a produção animal (Campos et al., 2013).

O estudo da ambiência na avicultura é de grande importância e envolve questões como: temperatura do bulbo seco e do bulbo úmido, umidade relativa, velocidade do ar e radiação (Cândido et al., 2016). Diferentes estudos demonstraram que o estresse térmico causa redução no desempenho de frangos de corte, onde a temperatura e a umidade fora do ideal, são os principais fatores para essa queda (Oba et al., 2012).

As aves conseguem manter a temperatura corporal constante em aproximadamente 41,1°C, em condições de conforto térmico, no entanto, são sensíveis às variações térmicas e podem ter problemas relacionados ao desempenho quando ocorrem flutuações da temperatura ambiente (Albino, Carvalho, Maia & Barros, 2014). Desta forma, os mecanismos fisiológicos de perda de calor corporal são ativados dependendo da temperatura ambiente ao redor da ave (Macari & Maiorka, 2017).

Quando as aves conseguem manter a temperatura corporal constante com taxa metabólica mínima e menor gasto energético, considera-se que estão em condição de zona de conforto térmico ou zona de termoneutralidade, ou seja, a proporção de energia metabolizável para termogênese é reduzida, enquanto a energia líquida destinada ao ganho corporal é aumentada (Costa et al., 2012).

Para mensurar o conforto térmico das aves faz-se a mensuração de alguns índices, entre esses índices pode-se citar: Índice de Temperatura e Umidade – ITU (Thom, 1959), Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade – ITGU (Buffington et al., 1981), Índice de Temperatura, Umidade e Velocidade do Vento – ITUV (Fiorelli et al., 2010), Carga de Térmica Radiante (Bond & Kelly, 1955) e Entalpia específica do ar (Rodrigues et al., 2011). Ao longo das últimas décadas, foi possível observar resultados discordantes ao buscar estabelecer faixas de conforto térmico animal para as diversas condições climáticas, seja no Brasil ou no exterior, mediante aos índices citados anteriormente.

Estudos recentes criaram bancos de dados com faixas atualizadas e padronizadas quanto as recomendações das

variáveis biometereológicas e dos índices de conforto térmico para aves, sintetizando os resultados encontrados por diversos autores (Castro Junior & Silva, 2020; Ribeiro et al., 2020; Oliveira Junior et al., 2021).

Porém, não foram encontrados trabalhos na literatura onde foi desenvolvida uma revisão sistemática dos artigos publicados com enfoque nas variáveis biometereológicas e nos índices de conforto térmico para todas as aves de produção. Com base na importância do tema, este trabalho propôs realizar uma revisão sistemática dos artigos publicados, envolvendo este tema em aves de produção (frangos de corte, poedeiras comerciais e matrizes).

## **2. Metodologia**

### **2.1 Estratégia de busca e seleção dos artigos**

Foi realizada a busca dos artigos científicos no dia 01 de outubro de 2020 para selecionar os estudos revisados por pares para a construção do banco de dados. Os registros foram identificados a partir dos bancos de dados eletrônicos da *PubMed*, *Scopus* e *Web of Science* e se optou por pesquisar títulos, resumos e palavras-chave nos artigos.

Para a elaboração da questão de pesquisa da revisão sistemática, utilizou-se a estratégia PICO (acrônimo para problema, intervenção, controle e desfecho) (Fineout-Overholt & Stillwell, 2011). As palavras-chave e termos booleanos utilizados foram realizados por categoria das aves (frangos de corte, poedeiras comerciais e matrizes de corte e de postura).

### **2.2 Método PICO para frangos de corte**

Para frangos de corte utilizaram-se os seguintes termos em língua inglês para a pesquisa: broiler OR broilers OR chicken OR poultry AND thermal comfort OR ambience OR environment OR temperature OR humidity OR enthalpy OR radiant heat load OR black globe OR air velocity AND performance OR weight gain OR feed conversion OR feed intake OR body weight OR average daily gain.

### **2.3 Método PICO para poedeiras comerciais**

Para poedeiras comerciais utilizaram-se os seguintes termos em língua inglesa para a pesquisa: laying hen OR laying hens OR hen OR hens OR chicken AND thermal comfort OR ambience OR environment OR temperature OR humidity OR enthalpy OR radiant heat load OR black globe OR air velocity AND performance OR egg production OR feed conversion OR feed intake OR egg quality OR egg weight.

### **2.4 Método PICO para matrizes**

Para matrizes utilizaram-se os seguintes termos em língua inglesa para a pesquisa: breeder OR chicken OR hen OR hens AND thermal comfort OR ambience OR environment OR temperature OR humidity OR enthalpy OR radiant heat load OR black globe OR air velocity AND performance OR egg production OR feed conversion OR feed intake OR egg quality OR egg weight OR fertility OR hatch OR hatchability.

Todas as referências obtidas em cada banco de dados foram exportadas para o *software EndNote*. O título e o resumo de cada registro foram revisados independentemente por dois pesquisadores, com o objetivo de selecionar os trabalhos que seriam utilizados na próxima etapa. A versão completa dos artigos selecionados foi criticamente avaliada quanto à sua qualidade e relevância, considerando os objetivos da revisão sistemática.

Os estudos obtidos na pesquisa foram então verificados quanto ao cumprimento de diferentes critérios para determinar sua inclusão no banco de dados. Os critérios utilizados foram: a) artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais; b) artigos com dados sobre desempenho e variáveis biometereológicas ou índices de conforto térmico. As características de

desempenho pesquisadas para frangos de corte foram: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, mortalidade e viabilidade criatória, para poedeiras comerciais foram: consumo de ração, peso corporal, conversão alimentar (kg de ração/kg de ovo e kg de ração/dúzia de ovos), mortalidade, peso dos ovos e produção de ovos e para matrizes a taxa de eclosão. As variáveis biometereológicas ou índices de conforto térmico relacionados na pesquisa das três categorias foram: temperatura do bulbo seco, umidade relativa do ar, velocidade do ar, temperatura do bulbo úmido, temperatura do globo negro, índice de temperatura e umidade, entalpia, carga térmica radiante, temperatura média radiante e índice de temperatura e umidade do globo negro.

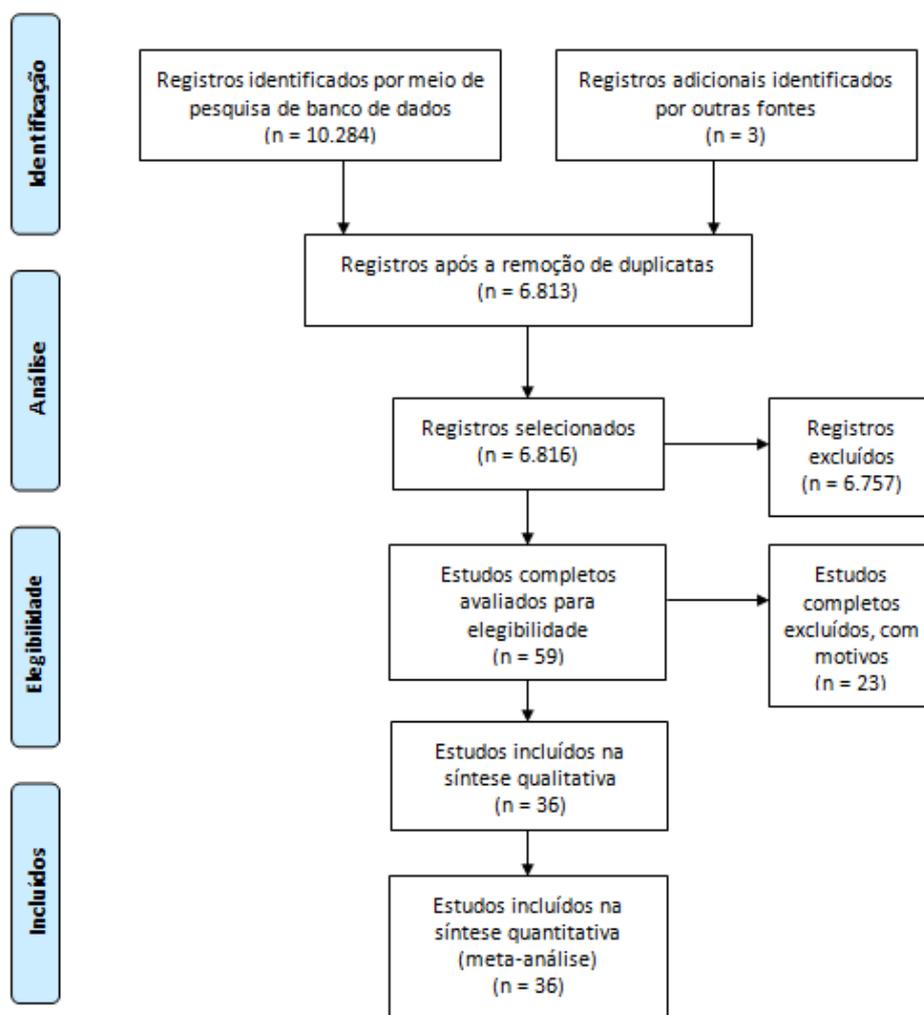
Foram elaboradas tabelas com os detalhes de cada artigo científico, destacando os autores, tipo de estresse empregado, variáveis de desempenho e variáveis biometereológicas ou índices de conforto térmico analisados. Além disso, desenvolveu-se uma tabela com pontuações referentes à qualidade dos artigos da revisão sistemática, onde para todas as características avaliadas o número dois representou melhor qualidade, um ponto representou pior qualidade e o zero quando o artigo não avaliou e/ou considerou tal característica e ao final, fez-se a soma destes valores (Pereira et al., 2011; Ferreira et al., 2013; Silva et al., 2014). Os artigos foram julgados com o objetivo de quantificar a qualidade dos artigos, as características avaliadas foram: tipo alimentação empregada no experimento, presença ou ausência de estresse ambiental no experimento, uso de grupo controle, desafio térmico e qual o tipo de desafio térmico empregado, avaliação dos índices de conforto térmico, uso ou não de repetições dos tratamentos, além da avaliação de medidas comportamentais ou fisiológicas presentes.

### **3. Resultados**

#### **3.1 Resultados da pesquisa bibliográfica na categoria frango de corte**

Após a pesquisa bibliográfica para frangos de corte, 10.287 referências foram identificadas e importadas dos bancos de dados eletrônicos. Com a assistência do *software EndNote* para gerenciamento de referências, um total de 3.471 duplicatas foram removidas. Depois, 6.757 estudos não foram qualificados por meio da avaliação do título e do resumo, por se tratar de artigos em outras áreas de pesquisa não relacionadas com o tema da revisão sistemática, além disso, nesta fase foram retirados artigos que trabalharam com outras espécies de aves, como codornas, perus e patos, restando, portanto, 59 artigos. Após a avaliação dos trabalhos completos, 23 referências foram excluídas por não atenderem ao critério de seleção com relação às variáveis analisadas (características de desempenho e de variáveis biometereológicas ou índices de conforto térmico). Após todas as etapas de avaliação (bancos de dados *on-line* e referências de estudos selecionados), 36 publicações científicas (artigos de pesquisa completos) foram selecionadas para a revisão sistemática na categoria frango de corte (Figura 1).

**Figura 1** – Prisma da seleção dos artigos utilizados na revisão sistemática na categoria frango de corte.

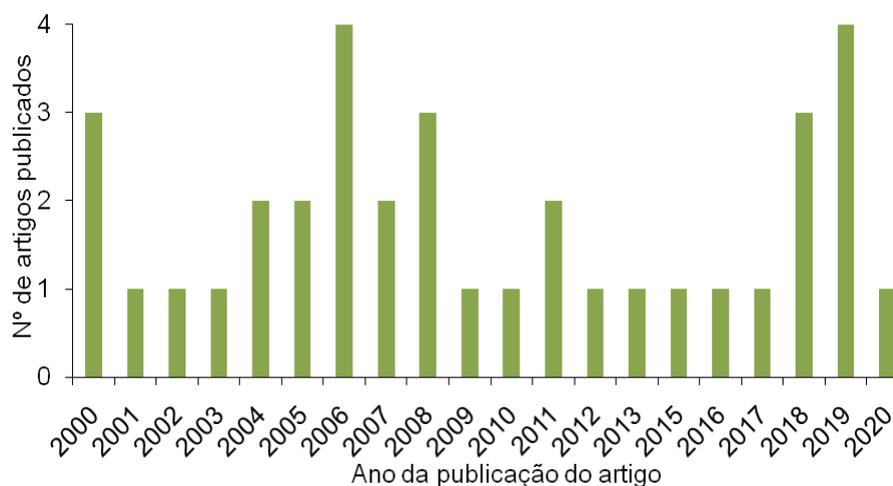


Fonte: Autores (2023).

### 3.2 Descrição do banco de dados na categoria frango de corte

Os estudos que compõem o banco de dados foram publicados entre 2000 e 2020, nos anos de 2006 e 2019 foram publicados o maior número de artigos por ano, sendo quatro artigos para cada um destes anos (Figura 2).

**Figura 2** – Número de artigos de frango de corte publicados por ano da revisão sistemática.



Fonte: Autores (2023).

Os trabalhos foram publicados em periódicos internacionais (75,00%) e nacionais (25,00%). Os principais periódicos foram: o *Poultry Science* (19,44%), a Revista Brasileira de Zootecnia (8,33%) e o *International Journal of Poultry Science* (5,55%). Considerando o endereço do autor principal, 30,50% dos estudos eram do Brasil, 2,85% de outros países da América do Sul, 16,60% dos Estados Unidos da América, 2,85% da África e 47,20% distribuídos na Europa e na Ásia (Tabela 1).

Dos artigos obtidos para o banco de dados final, 100,00% apresentaram pelo menos duas características de desempenho e 75,00% apresentaram pelo menos duas características quanto às variáveis biometereológicas ou índices de conforto térmico. O parâmetro temperatura esteve presente em 100,00% dos artigos obtidos. Os índices de conforto térmico foram alvo de estudo em 27,78% dos trabalhos. Quanto ao tipo de estresse empregado nos artigos, 55,55% destes apresentaram estresse apenas por calor e 25,00% estresse por calor cíclico. O tipo de estresse apenas por frio foi relatado em 8,33% dos artigos e 5,55% foram dos artigos que apresentaram tanto estresse por frio quanto por calor (Tabela 1).

**Tabela 1** – Artigos utilizados na revisão sistemática de frangos de corte.

Código	Autor (es)	Ano	Periódico	Desempenho*	Variáveis bioclimáticas e índices de conforto térmico**	Tipo de estresse
1	Oliveira Neto et. al.	2000	Revista Brasileira de Zootecnia	GP, CR e CA	TBS, UR, TGN e ITGU	Calor
2	May et al.	2000	<i>Poultry Science</i>	GP, CR e CA	TBS e V	Calor cíclico
3	May& Lott	2000	<i>Agricultural Research Service</i>	GP, CA, M	TBS	Calor cíclico
4	Yahav et al.	2001	<i>Poultry Science</i>	GP, CR e CA	TBS, UR e V	Calor
5	Al-Batshan	2002	<i>Asian Australasian Journal of Animal Sciences</i>	GP, CR e CA	TBS e UR	Calor
6	Simmons et al.	2003	<i>Poultry Science</i>	GP e CA	TBS e V	Calor
7	Linnet al.	2004	Archiv für Geflügelkunde	GP, CR e CA	TBS	-
8	Yahav et al.	2004	<i>Poultry Science</i>	GP, CR e CA	TBS, UR e V	-
9	Dozier et al.	2005	<i>Poultry Science</i>	GP, CR, CA e M	TBS e V	Calor
10	Dozier et at.	2005	<i>Poultry Science</i>	GP, CR, CA e M	TBS e V	Calor cíclico
11	de Oliveira et al.	2006	Revista Brasileira de Zootecnia	GP, CR e CA	TBS	Calor cíclico
12	de Oliveira et al.	2006	Revista Brasileira de Zootecnia	GP, CR e CA	TBS, UR e ITGU	Calor
13	Abu-Dieyeh	2006	<i>International Journal of Poultry Science</i>	GP, CR e CA	TBS	Calor
14	Yardimci et al.	2006	<i>Turkish Journal of Veterinary &amp; Animal Sciences</i>	CR, CA e M	TBS e UR	Calor cíclico
15	Al-Fataftah & Abu-Dieyeh	2007	<i>International Journal of Poultry Science</i>	GP, CR, CA e M	TBS	Calor cíclico
16	Blahová et al.	2007	<i>Acta Veterinaria Brno</i>	GP e CA	TBS	Calor cíclico
17	Lavor et al.	2008	Revista Ciência Agronômica	GP, CR, CA e M	TBS, UR, ITU e ITGU	Calor cíclico
18	Menegali et al.	2008	<i>Agricultural Engineering Department</i>	CA e M	TBS, UR, TGN e ITGU	Calor cíclico
19	Tolentino et al.	2008	Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú	GP, CR, CA e M	TBS e UR	Calor cíclico
20	Nazareno et al.	2009	Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental	GP, CR e CA	TBS, UR, TGN, E e ITGU	Calor cíclico
21	Yahav	2010	<i>British Poultry Science</i>	GP, CR e CA	TBS e UR	Calor cíclico
22	Marandure et al.	2011	<i>Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry</i>	GP, CR, CA e M	TBS e UR	Calor
23	Razuki et al.	2011	<i>Journal of Poultry Science</i>	GP, CR, CA e M	TBS	Calor
24	Purswell et al.	2012	<i>Agricultural and Biosystems Engineering Conference Proceedings and Presentations</i>	GP, CR, CA e M	TBS, UR, Tbu e ITU	Calor
25	Abdelqader & Al-Fataftah	2013	<i>Journal of Thermal Biology</i>	GP, CR e M	TBS e UR	Frio
26	Abreu et al.	2015	Revista Engenharia Agrícola	GP, CR e CA	TBS, UR e V	Calor

27	Cândido et al.	2016	<i>Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering</i>	GP, CR e CA	TBS, UR e ITGU	Fio
28	Damasceno et al.	2017	Revista Ceres	GP, CR e CA	TBS e UR	-
29	Rehman et al.	2018	<i>Pakistan Journal of Zoology</i>	GP, CA e M	TBS	-
30	Olfati et al.	2018	<i>Spanish Journal of Agricultural Research</i>	GP, CR, CA e M	TBS e UR	Calor
31	Marchini et al.	2018	Revista Brasileira de Ciência Avícola	GP, CA, CR e M	TBS e UR	-
32	Yousaf et al.	2019	<i>World's Veterinary Journal</i>	GP, CR, CA e M	TBS, UR e V	Calor
33	Goo et al.	2019	<i>Journal Animals</i>	GP, CR e CA	TBS e UR	Calor
34	Shiet al.	2019	<i>Poultry Science</i>	GP, CR e CA	TBS	Calor
35	Abreu et al.	2019	Revista DYNA	GP, CR e CA	TBS e UR	-
36	He et al.	2020	<i>Tropical Animal Health and Production</i>	GP, CR e CA	TBS, UR e V	-

\*GP: ganho de peso, CR: consumo de ração, CA: conversão alimentar, M: mortalidade e VC: viabilidade criatória. \*\* TBS: temperatura do bulbo seco, UR: umidade relativa do ar, V: velocidade do ar, Tbu: temperatura do bulbo úmido, TGN: temperatura do globo negro, ITU: índice de temperatura e umidade. E: entalpia, CTR: carga térmica radiante, ITGU: índice de temperatura, umidade do globo negro. Fonte: Autores (2023)

Com relação à pontuação, o artigo que recebeu a menor, total de 7 pontos, foi o de número 19, pois não avaliou estresse seja por calor ou por frio, mensurou apenas as variáveis biometereológicas da instalação além disso, o experimento não teve tratamento controle. Já os artigos de número 2, 8, 9, 10, 21, 22, 24 e 25 receberam a maior pontuação (11 pontos), pois dentre os critérios avaliados houve maior número de pontuação dois para os itens levantados (Tabela 2).

**Tabela 2 - Pontuação dos estudos quanto aos critérios estabelecidos em soma dos pontos.**

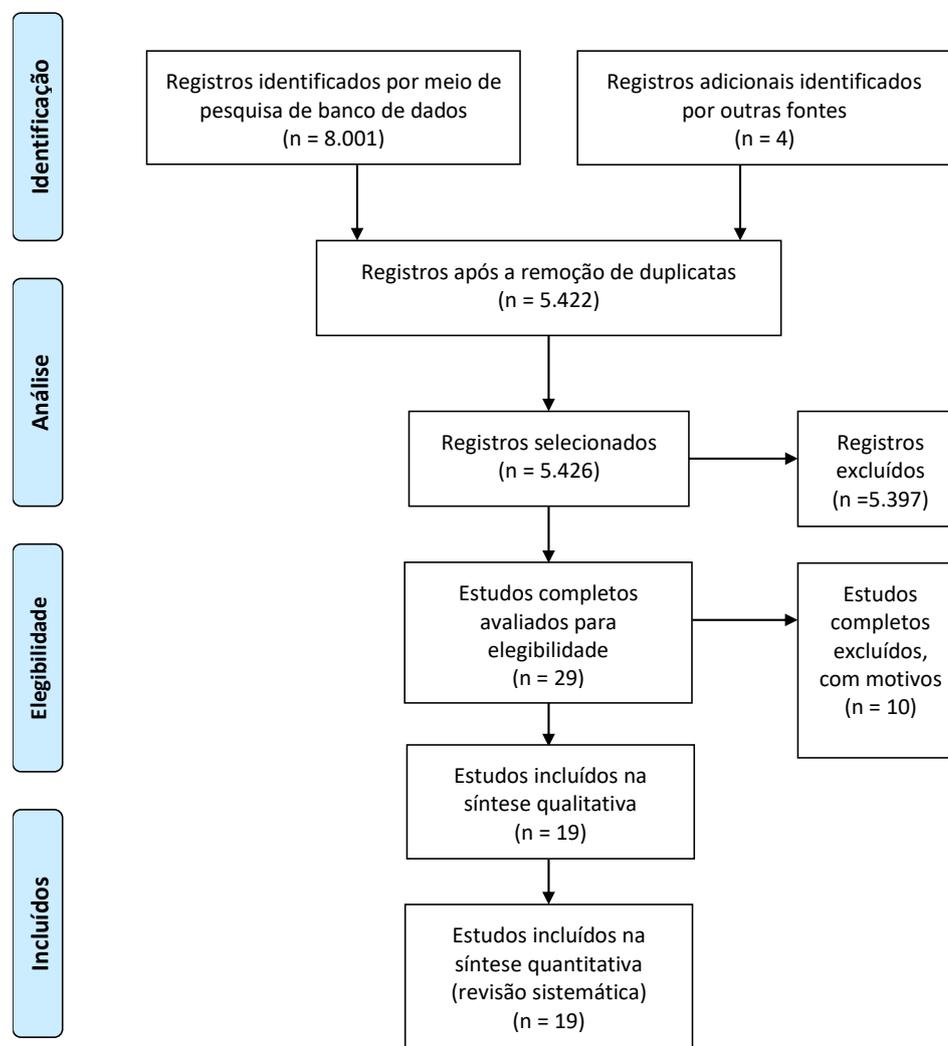
Código	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Soma
1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	12
2	1	2	2	2	1	2	1	1	2	14
3	1	1	2	1	1	1	1	1	2	11
4	1	2	1	1	1	0	1	2	2	11
5	1	1	2	1	1	1	1	2	2	12
6	1	2	2	1	1	2	1	1	2	13
7	1	1	2	2	1	1	1	2	2	13
8	1	2	2	1	1	1	1	2	2	13
9	1	2	2	2	1	2	1	1	2	14
10	1	2	2	2	1	2	1	1	2	14
11	1	1	2	1	1	1	1	2	2	12
12	1	2	2	2	2	1	1	1	2	14
13	2	1	2	1	1	1	1	1	2	13
14	1	1	2	2	1	1	1	1	2	12
15	1	2	2	1	1	1	1	2	2	13
16	1	1	2	2	1	1	1	2	2	13
17	1	1	1	1	2	0	1	1	2	10
18	1	1	1	1	2	0	2	1	2	11
19	1	1	1	1	1	0	1	1	2	9
20	1	1	1	1	2	0	1	2	2	11
21	1	2	2	1	1	1	1	2	2	13
22	1	2	2	2	1	1	2	1	2	14
23	1	1	1	1	1	0	1	1	2	9
24	1	2	2	1	2	1	2	2	2	15
25	1	1	2	2	1	1	1	2	2	13
26	1	1	2	1	1	1	1	1	2	11
27	1	1	2	2	2	1	1	1	2	13
28	1	1	2	2	1	1	0	1	2	11
29	1	1	2	2	1	1	1	1	2	12
30	1	1	2	2	1	1	1	2	2	13
31	1	1	2	2	1	2	1	1	2	13
32	1	1	2	2	1	1	1	2	1	12
33	1	0	2	2	1	1	2	2	2	13
34	1	1	2	2	1	1	1	2	2	13
35	1	1	2	2	1	1	1	1	2	12
36	1	1	2	2	1	1	1	2	2	13

A. Alimentação: 1 para experimentos com ração *ad libitum* e 2 para experimentos com ração controlada *pairfeeding*. B. Estresse ambiental: 1 para experimentos sem estresse ambiental (velocidade do vento, gases e umidade relativa) e 2 para experimentos com estresse ambiental (velocidade do vento, gases e umidade relativa). C. Temperatura: 1 para experimentos sem estresse por temperatura e 2 para experimentos com estresse por temperatura. D. Grupo controle: 1 para experimentos sem tratamento controle e 2 para experimentos com tratamento controle. E. Índices térmicos: 1 para experimentos que não avaliaram índices térmicos e 2 para experimentos que avaliaram índices térmicos. F. Tipo de temperatura: 0 para experimentos que não tiveram estresse por temperatura, 1 para experimentos que tiveram estresse por temperatura contínuo e 2 para experimentos que tiveram estresse por temperatura cíclico. G. Tempo: 0 para experimentos que não avaliaram medidas repetidas no tempo, 1 para experimentos que não avaliaram medidas repetidas no tempo quando necessário e 2 para experimentos que avaliaram medidas repetidas no tempo quando necessário. H. Medidas: 1 para experimentos que não avaliaram medidas fisiológicas/comportamentais e 2 para experimentos que avaliaram medidas fisiológicas/comportamentais. I. Tratamentos: 1 para experimentos que não tiveram repetições dos tratamentos e 2 para experimentos que tiveram repetições dos tratamentos. Fonte: Autores (2023).

### 3.3 Resultados da pesquisa bibliográfica na categoria de poedeiras comerciais

Após a pesquisa bibliográfica para poedeiras comerciais, 8.005 referências foram identificadas e importadas dos bancos de dados eletrônicos. Com a assistência do *software EndNote* para gerenciamento de referências, um total de 2.583 duplicatas foram removidas. Depois, 5.397 estudos não foram qualificados por meio da avaliação do título e do resumo, por se tratar de artigos em outras áreas de pesquisa não relacionadas com o tema da revisão sistemática, além disso, nesta fase foram retirados artigos que trabalharam com outras espécies de aves, como codornas, perus e patos, restando, portanto, 29 artigos. Após a avaliação dos trabalhos completos, 10 referências foram excluídas por não atenderem ao critério de seleção com relação às variáveis analisadas (características de desempenho e de variáveis biometereológicas ou índices de conforto térmico). Após todas as etapas de avaliação (bancos de dados *on-line* e referências de estudos selecionados), 19 publicações científicas (artigos de pesquisa completos) foram selecionadas para a revisão sistemática (Figura 3).

**Figura 3** – Prisma da seleção dos artigos utilizados na revisão sistemática na categoria de poedeiras comerciais.

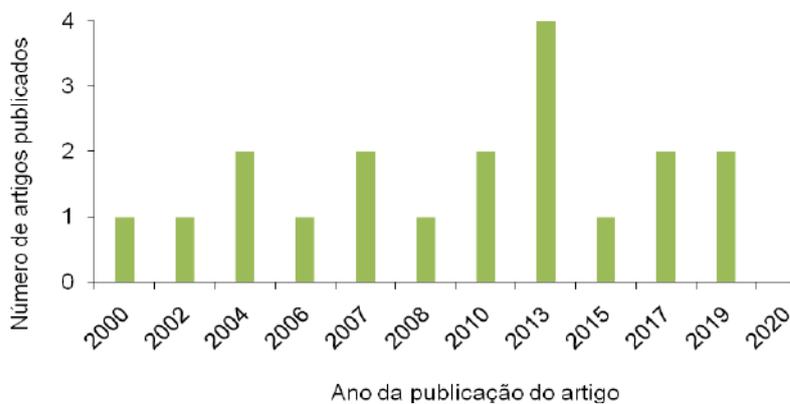


Fonte: Autores (2023).

### 3.4 Descrição do banco de dados na categoria poedeiras comerciais

Os estudos que compõem o banco de dados foram publicados entre 2000 e 2020, com maior número de artigos publicados no ano de 2013 (Figura 4).

**Figura 4** - Número de artigos de poedeiras comerciais publicados por ano da revisão sistemática.



Fonte: Autores (2023).

Os trabalhos foram publicados em periódicos internacionais (84,21%) e nacionais (15,78%). Os principais periódicos foram o *American Society of Agricultural and Biological Engineers* (15,78%), *Poultry Science* (10,52%), *British Poultry Science* (10,52%) e *Revista Brasileira de Ciência Avícola* (10,52%). Considerando o endereço do autor principal, 31,57% dos estudos eram da Europa, 21,05% dos Estados Unidos da América, 15,78% do Brasil e 31,57% foram distribuídos entre África, Ásia e Japão.

Dos artigos obtidos para o banco de dados final, 84,21% apresentaram pelo menos duas características de desempenho e 94,74% dos artigos pelo menos duas características quanto às variáveis biometereológicas ou índices de conforto térmico. O parâmetro temperatura esteve presente em 100,00% dos artigos obtidos quanto às variáveis biometereológicas. Os índices de conforto térmico foram alvo de estudo em 21,05% dos trabalhos. Quanto ao tipo de estresse empregado nos artigos, 26,31% destes apresentaram apenas estresse por calor, 15,79% estresse por calor cíclico, 5,26% dos artigos apresentaram tanto estresse por frio quanto por calor e 10,53% apresentaram estresse por calor contínuo e cíclico no mesmo estudo (Tabela 3).

**Tabela 3** – Artigos utilizados na revisão sistemática de poedeiras comerciais.

Código	Autor (es)	Ano	Periódico	Desempenho*	Variáveis bioclimáticas e índices de conforto térmico**	Tipo de estresse
1	Yahav et al.	2000	<i>British Poultry Science</i>	CR, PC e PO	TBS e UR	Calor
2	Ugurlu & Kara	2002	Archiv für Geflügelkunde	M e PR	TBS e UR	-
3	Mashaly et al.	2004	<i>Poultry Science</i>	CR, PO e PR	TBS e UR	Calor contínuo e cíclico
4	Lin et al.	2004	<i>British Poultry Science</i>	CR, PC, CA, PO e PR	TBS	Calor
5	Kocaman et al.	2006	<i>International Journal of Poultry Science</i>	CR, CA e PR	TBS e UR	-
6	Jimenez et al.	2007	<i>Poultry Science Association</i>	CR, PO e PR	TBS e UR	Calor
7	Geng et al.	2007	<i>American Society of Agricultural and Biological Engineers</i>	M e PR	TBS UR e V	-
8	Pereira et al.	2008	Revista Brasileira de Ciência Avícola	PO	TBS, UR e V	-
9	Azad et al.	2010	<i>Japan Poultry Science Association</i>	CR e CA	TBS e UR	Calor
10	Meless et al.	2010	<i>Livestock Research for Rural Development</i>	PC, PO e M	TBS e UR	Calor
11	Bayhan et al.	2013	Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi	CR, M e PR	TBS, UR e ITU	-
12	Melesse et al.	2013	<i>Acta Agriculture e Slovenica</i>	CR, PC, CA, PO e PR	TBS e UR	Calor
13	Purswell et al.	2013	<i>American Society of Agricultural and Biological Engineers</i>	CR, PC, CA, PO e PR	TBS, UR e V	-
14	Kilic & Simsek	2013	<i>Journal of Animal and Veterinary Advances</i>	CR, PC, CA e M	TBS, UR e ITU	-
15	Purswell & Branton	2015	<i>American Society of Agricultural and Biological Engineers</i>	CR, CA, PO e PR	TBS, UR e V	-
16	Mutibvu et al.	2017	Revista Brasileira de Ciência Avícola	PC	TBS, UR e ITU	-
17	Erensoy et al.	2017	<i>Academia Journal of Engineering and Applied Sciences</i>	PO	TBS, UR e V	-
18	Barrett et al.	2019	<i>Poultry Science</i>	CR, PC, CA, PO e PR	TBS e UR	Calor cíclico
19	Andrade et al.	2019	Engenharia Agrícola	PC, CR e CA	TBS, UR, TGN e ITGU	Calor e frio

\*CR: consumo de ração, PC: peso corporal, CA: conversão alimentar, M: mortalidade e PO: peso dos ovos e PR produção relativa dos ovos. \*\* TBS: temperatura do bulbo seco, UR: umidade relativa do ar, V: velocidade do ar, Tbu: temperatura do bulbo úmido, TGN: temperatura do globo negro, ITU: índice de temperatura e umidade. E: entalpia, CTR: carga térmica radiante, ITGU: índice de temperatura, umidade do globo negro. Fonte: Autores (2023).

O artigo que recebeu a menor pontuação total (7 pontos), foi o de número 5, pois não teve alimentação *pairfeeding*, tratamento controle, não avaliou índices de conforto térmico, não teve estresse por temperatura entre os seus tratamentos e não avaliou parâmetros relacionados à qualidade dos ovos e medidas fisiológicas. Já o artigo de número 3 recebeu a maior pontuação (14 pontos), pois dentre os critérios, somente não avaliou índices de conforto térmico e não teve alimentação *pairfeeding* (Tabela 4).

**Tabela 4** – Pontuação dos estudos quanto aos critérios estabelecidos e soma dos pontos.

Código	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Soma
1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	15
2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	1	10
3	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	17
4	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	15
5	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	10
6	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	16
7	1	1	1	1	1	0	1	1	2	2	11
8	1	1	1	1	1	0	1	2	1	2	11
9	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	15
10	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	14
11	1	1	1	1	2	0	1	1	1	2	11
12	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	14
13	1	2	1	1	1	0	2	1	1	2	12
14	1	2	1	1	2	0	1	2	2	2	14
15	1	2	1	2	1	0	2	2	2	2	15
16	1	1	1	1	2	0	1	1	2	2	12
17	1	2	1	1	2	0	1	2	1	2	13
18	1	1	2	1	1	2	1	2	2	2	15
19	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	14

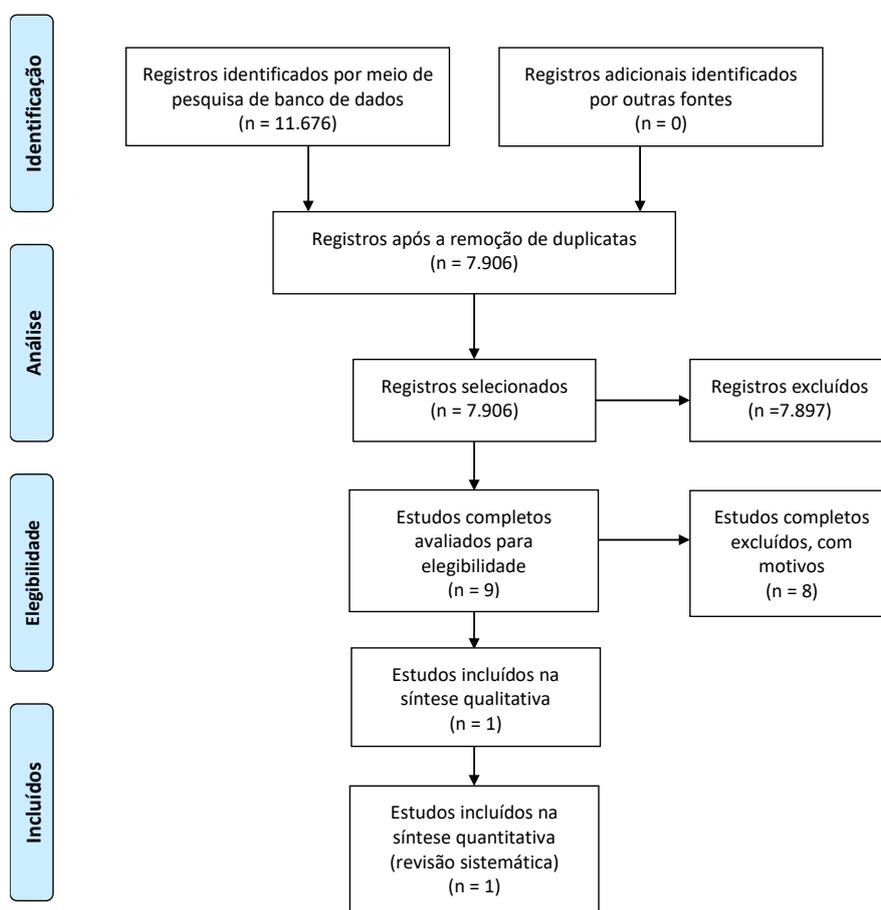
**A.** Alimentação: 1 para experimentos com ração *ad libitum* e 2 para experimentos com ração controlada *pairfeeding*. **B.** Estresse ambiental: 1 para experimentos sem estresse ambiental (velocidade do vento, gases e umidade relativa) e 2 para experimentos com estresse ambiental (velocidade do vento, gases e umidade relativa). **C.** Temperatura: 1 para experimentos sem estresse por temperatura e 2 para experimentos com estresse por temperatura. **D.** Grupo controle: 1 para experimentos sem tratamento controle e 2 para experimentos com tratamento controle. **E.** Índices de conforto térmico: 1 para experimentos que não avaliaram índices térmicos e 2 para experimentos que avaliaram índices térmicos. **F.** Tipo de temperatura: 0 para experimentos que não tiveram estresse por temperatura, 1 para experimentos que tiveram estresse por temperatura contínuo e 2 para experimentos que tiveram estresse por temperatura cíclico. **G.** Tempo: 0 para experimentos que não avaliaram medidas repetidas no tempo, 1 para experimentos que não avaliaram medidas repetidas no tempo quando necessário e 2 para experimentos que avaliaram medidas repetidas no tempo quando necessário. **H.** Qualidade do ovo. 1 para experimentos que não avaliaram qualidade do ovo e 2 para experimentos que avaliaram qualidade do ovo. **I.** Medidas. 1 para experimentos que não avaliaram medidas fisiológicas/comportamentais e 2 para experimentos que avaliaram medidas fisiológicas/comportamentais. **J.** Tratamentos: 1 para experimentos que não tiveram repetições dos tratamentos e 2 para experimentos que tiveram repetições dos tratamentos. Fonte: Autores (2023).

### 3.5 Resultados da pesquisa bibliográfica na categoria matrizes

Após a pesquisa bibliográfica, 11.676 referências foram identificadas e importadas dos bancos de dados eletrônicos. Com a assistência de um *software* para gerenciamento de referências, um total de 3.770 duplicatas foram removidas. Depois, 7.897 estudos não foram qualificados por meio da avaliação do título e resumo, por se tratar de artigos em outras áreas de pesquisa não relacionadas com o tema da revisão sistemática, além disso, nesta fase foram retirados artigos que trabalharam com outras espécies de aves, como codornas, perus e patos, restando, portanto, 9 artigos. Após a avaliação dos trabalhos completos, 8 referências foram excluídas por não atenderem ao critério de seleção com relação às variáveis analisadas (características de desempenho, variáveis biometereológicas ou índices de conforto térmico). Após todas as etapas de avaliação

(bancos de dados *on-line* e referências de estudos selecionados), 1 publicação científica (artigo de pesquisa completo) foi selecionada para a revisão sistemática (Figura 5).

**Figura 5** – Prisma da seleção dos artigos utilizados na revisão sistemática na categoria matrizes.



Fonte: Autores (2023).

### 3.6 Descrição do banco de dados na categoria matrizes

O estudo que compõem o banco de dados foi publicado em 2015, em periódico nacional (Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia) e apresenta 1 variável biometereológica (umidade relativa do ar) e a avaliação da eclodibilidade dos ovos (Tabela 5).

**Tabela 5** – Artigo utilizado na revisão sistemática de matrizes.

Código	Autor (es)	Ano	Título	Periódico	Desempenho	Variáveis bioclimáticas e índices de conforto térmico*	Tipo de estresse
1	Barbosa et al	2015	Efeitos da umidade relativa do ar na incubação e da idade da matriz leve sobre a eclodibilidade, qualidade dos pintos recém-eclodidos e desempenho da progênie	Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia	Eclodibilidade	UR	-

Fonte: Autores (2023).

O artigo recebeu um total de 12 pontos, pois as aves não foram alimentadas de forma *pairfeeding*, não tiveram estresse ambiental, a pesquisa não teve tratamento controle, não avaliou índices de conforto térmico e nem a qualidade dos ovos (Tabela 6).

**Tabela 6** - Pontuação dos estudos quanto aos critérios estabelecidos e soma dos pontos.

Código	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Soma
1	1	2	1	1	1	0	2	0	2	2	12

**A.** Alimentação: 1 para experimentos com ração *ad libitum* e 2 para experimentos com ração controlada *pairfeeding*. **B.** Estresse ambiental: 1 para experimentos sem estresse ambiental (velocidade do vento, gases e umidade relativa) e 2 para experimentos com estresse ambiental (velocidade do vento, gases e umidade relativa). **C.** Temperatura: 1 para experimentos sem estresse por temperatura e 2 para experimentos com estresse por temperatura. **D.** Grupo controle: 1 para experimentos sem tratamento controle e 2 para experimentos com tratamento controle. **E.** Índices de conforto térmico: 1 para experimentos que não avaliaram índices térmicos e 2 para experimentos que avaliaram índices térmicos. **F.** Tipo de temperatura: 0 para experimentos que não tiveram estresse por temperatura, 1 para experimentos que tiveram estresse por temperatura contínuo e 2 para experimentos que tiveram estresse por temperatura cíclico. **G.** Tempo: 0 para experimentos que não avaliaram medidas repetidas no tempo, 1 para experimentos que não avaliaram medidas repetidas no tempo quando necessário e 2 para experimentos que avaliaram medidas repetidas no tempo quando necessário. **H.** Qualidade do ovo. 1 para experimentos que não avaliaram qualidade do ovo e 2 para experimentos que avaliaram qualidade do ovo. **I.** Medidas. 1 para experimentos que não avaliaram medidas fisiológicas/comportamentais e 2 para experimentos que avaliaram medidas fisiológicas/comportamentais. **J.** Tratamentos: 1 para experimentos que não tiveram repetições dos tratamentos e 2 para experimentos que tiveram repetições dos tratamentos. Fonte: Autores (2023).

#### 4. Discussão

Este trabalho propôs realizar uma revisão sistemática dos artigos publicados relacionados aos índices de conforto e às variáveis biometereológicas em aves de produção (frangos de corte, poedeiras comerciais e matrizes), pois não foi encontrada na literatura uma compilação destes dados.

A temperatura do bulbo seco e a umidade relativa do ar foram as principais variáveis biometereológicas avaliadas, observou-se que 98,21% dos trabalhos mensuraram a temperatura do bulbo seco, como característica principal quanto ao ambiente onde as aves foram criadas. Em contrapartida, os índices de conforto térmico foram avaliados em apenas 25,00% dos trabalhos, portanto, do total de 56 artigos que participaram da revisão sistemática, apenas 14 calcularam índices de conforto térmico, principalmente a partir do ano de 2016 para frangos de corte.

De acordo com Azizpour et al. (2012), para melhor entender os impactos do ambiente de criação sobre a homeostase das aves, os índices de conforto térmico têm sido desenvolvidos e utilizados como guias para a tomada de decisões, permitindo que os efeitos do estresse térmico sejam minimizados ou evitados.

Observou-se o uso dos índices de conforto térmico para poedeiras comerciais nos artigos a partir de 2013, indicando que, são recentes os estudos que avaliaram tais características, portanto, existe uma lacuna de informações, para a atualização das faixas críticas de conforto (Ribeiro et al., 2020).

Na avicultura comercial, o conforto térmico está relacionado às condições de ambiência das instalações, que favorecem o desempenho e o bem-estar das aves (Oliveira Junior et al., 2021), por meio da avaliação destes índices o produtor é capaz de mensurar se as aves estão em conforto térmico. Os animais atingem sua produtividade máxima quando são mantidos em ambiente termoneutro, ou seja, quando a energia do alimento não é desviada para compensar desvios térmicos em relação ao intervalo de termoneutralidade para eliminar ou manter seu calor (Macari & Maiorka, 2017).

No banco de dados formado, foi heterogênea a quantidade de trabalhos de cada categoria de aves (frango de corte, poedeiras comerciais e matrizes) que entraram para a revisão sistemática, com um maior número para frangos de corte (64,29%), menor para poedeiras comerciais (33,93%) e apenas um artigo para matrizes (1,78%). A genética da avicultura de postura, assim como ocorre com a de corte, é concentrada em poucas empresas multinacionais, fazendo da avicultura nacional, importadora de genética (Amaral et al., 2016). Sua importância para a competitividade do setor e o fato de ela ser intensiva, explicam sua concentração. Ademais, o volume de aves matrizes alojadas é proporcionalmente menor quando comparado aos de pintos de corte e pintainhas (Amaral et al., 2016).

Na categoria frango de corte e poedeiras comerciais, dos artigos avaliados 75,00% e 84,21%, perfizeram suas publicações em periódicos internacionais. Os periódicos internacionais desempenham um papel fundamental na disseminação de conhecimento relacionado à avicultura, tornando as pesquisas imediatamente e permanentemente acessíveis em todo o mundo, mantendo os direitos autorais de seus trabalhos. O *Poultry Science* foi detentor do maior número de publicações (19,44% para frangos de corte e 10,52% para poedeiras comerciais). Este periódico é fonte confiável de informações avícolas e classificada pelo Fator de Impacto da Clarivate como uma das 10 principais revistas de agricultura, laticínios e ciência animal. Atualmente, é o periódico com a melhor classificação dedicado à publicação de pesquisas avícolas (Elsevier, 2021).

Em média 30,00% dos artigos tiveram como autor principal um brasileiro. De acordo com Santini (2006), as empresas norte-americanas e européias detêm maior e melhor competência em algumas áreas de pesquisa e tecnologia onde o Brasil ainda é vulnerável, porém esta vulnerabilidade vem caindo nos últimos anos. Empresas do setor avícola têm buscado desenvolver pesquisas em parcerias com universidades e institutos públicos de pesquisa, o que demonstra confiança nessas instituições, além da preocupação em maximizar os recursos físicos, humanos e financeiros (Schmidt & Silva, 2018).

Isso vem ao encontro à representatividade e importância da avicultura brasileira no cenário mundial. Segundo dados da Associação Brasileira de Proteína Animal (Associação Brasileira de Proteína Animal [ABPA], 2022), em 2021 a produção

brasileira de carne de frango foi de 12,230 milhões de toneladas, mantendo o país na posição de maior exportador mundial e de terceiro maior produtor de carne de frango, atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Do total de frangos produzidos pelo país em 2021, 67,83% foram destinados ao consumo interno e 32,17%, para exportação em mais de 150 países.

## 5. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos nesta revisão sistemática, pôde-se concluir que o volume de artigos encontrados foi proporcional à sua representatividade e demanda no cenário brasileiro e mundial. O parâmetro temperatura foi a variável biometereológica com maior prevalência nos estudos relacionados à ambiência e conforto térmico em aves de produção. Os índices de conforto térmico têm sido alvo de estudos nos últimos anos, entretanto ainda é uma característica pouco avaliada em estudos científicos, portanto, deve receber atenção em trabalhos futuros, haja vista sua relevância no controle do conforto térmico das aves de produção.

## Referências

- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. *Relatório anual 2022*. <http://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>.
- Albino, F. L., Carvalho, B. R., Maia, R. C., & Barros, V. R. S. M. (2014). *Galinhas poedeiras: criação e alimentação*. CPT – Centro de Produções Técnicas.
- Amaral, G. F., Guimarães, D. D., Nascimento, J. C. de O. F. do, & Custodio, S. (2016). Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. *BNDES Setorial*, 43: 167-207. <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9579>
- Azizpour, F., Moghimi, S., Salleh, E., Mat, S., Lim, C. H., & Sopian, K. (2012). Thermal comfort investigation of a facility department of a hospital in hot-humid climate: correlation between objective and subjective measurements. *Indoor and Built Environment*, 22 (5), 836-845. <https://doi.org/10.1177/1420326X12460067>.
- Bond, T. E., & Kelly, C. F. (1955). The globe thermometer in agriculture research. *Agricultural Engineer*, 36 (2), 251-260.
- Buffington, D. E., Collazo-Arocho, A., Canton, G. H., & Pitt, D. (1981). Black globe humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transactions of the ASAE*, 24 (3), 711-714.
- Campos, A. T., Klosowki, E. S., Sousa, F. A., Ponciano, P. F., Navarini, F. C., & Yanagi Junior, T. (2013). Eficiência de sistema de aquecimento auxiliar para aviários, com base nos índices de conforto térmico. *Bioscience Journal*, 29 (3), 703-711.
- Cândido, M. G. L., Tinôco, I. F. F., Pinto, F. A. C., Santos, N. T., & Roberti, R. P. (2016). Determination of thermal comfort zone for early-stage broilers. *Engenharia Agrícola*, 36 (5), 760-767. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p760-767/2016>
- Castro Junior, S. L. de, & Silva, I. J.O. da. (2020). The specific enthalpy of air as an indicator of heat stress in livestock animals. *International Journal of Biometeorology*, 65, 149-161.o
- Costa, E. M. S., Dourado, L. R. B., & Merval, R. R. (2012). Medidas para avaliar o conforto térmico em aves. *PUBVET*, 6 (31). <https://doi.org/10.22256/pubvet.v6n31.1452>
- Elsevier. (2021). <https://www.elsevier.com/education/amee-2021>.
- Ferreira, M. S. S., Garbossa, C. A. P., Oberlender, G., Pereira, L. J., Zangeronimo, M. G., Sousa, R. V., & Canterelli, V. S. (2013). Effect of ractopamine on lipid metabolism in vivo - A systematic review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 56(1), 35-43. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132013000100005>
- Fineout-Overholt, E., & Stillwell, S. B. (2011). Asking compelling, clinical questions. In Mazurek Melnyk B, Fineout-Overholt E (Eds) *Evidence-Based Practice in Nursing & Healthcare: A Guide to Best Practice*. (2ª ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, p.25-39.
- Fiorelli, J., Fonseca, R., Morceli, J. A. B., & Dias, A. A. (2010). A. Influência de diferentes materiais de cobertura no conforto térmico de instalações para frangos de corte no oeste paulista. *Engenharia Agrícola*, 30 (5), 986-992.
- Macari, M. & Maiorka, A. (2017). *Fisiologia das aves comerciais*. FUNEP.
- Oba, A., Lopes, P. C. F., Boiago, M. M., Silva, A. M. S., Montassier, J. H., & Souza, P. A. (2012). Características produtivas e imunológicas de frangos de corte submetidos a dietas suplementadas com cromo, criados sob diferentes condições de ambiente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41 (5), 1186-1192. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982012000500016>
- Oliveira Junior, A. J., Sousa, G. S., Pai, E. D., Almeida, O. C. P., Mollo Neto, M., Simões, R. P., Souza, S. R. L. (2021). System for assessing broilers thermal comfort. *Smart Agricultural Technology*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100007>
- Pereira, U. P., Oliveira, D. G. S., Mesquita, L. R., Costa, G. M., Pereira, L. J. (2011). Efficacy of *Staphylococcus aureus* vaccines for bovine mastitis: A systematic review. *Veterinary Microbiology*, 148(2-4), 117-124. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2010.10.003>

- Ribeiro, B. P. V. B., Yanagi Junior, T., De Oliveira, D. D., De Lima, R. R., Zangeronimo, M. G. (2020). Thermoneutral zone for laying hens based on environmental conditions, enthalpy and thermal comfort indexes. *Journal of Thermal Biology*, 93: 102678. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102678>.
- Rodrigues, V. C., Silva, I. J. O., Vieira, F. M. C., Nascimento, S. T. (2011). A correct enthalpy relationship as thermal comfort index for livestock. *International Journal of Biometeorology*, 55(3) 455–459. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0344-y>.
- Santini, G. A. (2006). *Dinâmica tecnológica da cadeia e frango de corte no Brasil. Análise dos segmentos de insumo e processamento*. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos (USFCAR), São Carlos.
- Schmidt, N. S., Silva, C. L. (2018). Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de corte do Brasil. *Revista Economia Sociologia Rural*, 56 (3), 467-482.
- Silva, V. O., Lopes, E., Andrade, E. F., Sousa, R. V., Zangeronimo, M. G., Pereira, L. J. (2014). Use of biodiesel co-products (Glycerol) as alternative sources of energy in animal nutrition: A systematic review. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46, 111–120. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/28619>
- Souza, S. M., Tinôco, I. F. F., Amaral, A. G., Inoue, K. R. A., Barreto, L. S., Savastano Junior, H., Souza, C. F., Paula, M. O. (2014). Zonas de conforto térmico para o tipo de carne inicial. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 16 (3), 265-272.
- Thom, E. C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12(2), 57-59, 1959.