

Rafael Koji Miyasaki

Avaliação da resistência antimicrobiana de cepas de *Pseudomonas* spp.,
Enterococcus spp., *Salmonella* spp. e *E. coli* isoladas de efluentes de abatedouro
avícola livre de antibióticos

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária e
Zootecnia da Universidade “Júlio de Mesquita Filho”,
Campus de Botucatu, SP, para obtenção do grau de
médico veterinário

Preceptor: Prof. Dr. Fábio Sossai Possebon

2024

Botucatu

Rafael Koji Miyasaki

Avaliação da resistência antimicrobiana de cepas de *Pseudomonas* spp.,
Enterococcus spp., *Salmonella* spp. e *E. coli* isoladas de efluentes de abatedouro
avícola livre de antibióticos

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária e
Zootecnia da Universidade “Júlio de Mesquita Filho”,
Campus de Botucatu, SP, para obtenção do grau de
médico veterinário

Área de Concentração: Inspeção de Produtos de Origem Animal

Preceptor: Prof. Dr. Fábio Sossai Possebon

Coordenador de Estágios: Prof. Dr. Adriano Sakai Okamoto

2024

Botucatu

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Miyasaki, Rafael Koji.

Avaliação da resistência antimicrobiana de cepas de *Pseudomonas* spp., *Enterococcus* spp., *Salmonella* spp. e *E. coli* isoladas de efluentes de abatedouro avícola livre de antibióticos / Rafael Koji Miyasaki. - Botucatu, 2024

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Orientador: Fábio Sossai Possebon

Capes: 50505009

Palavras-chave: Avicultura; Efluente de abatedouro;
Resistência antimicrobiana; Saúde única.

RAFAEL KOJI MIYASAKI

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DE CEPAS DE
PSEUDOMONAS SPP., ENTEROCOCCUS SPP., SALMONELLA SPP. E E.
COLI ISOLADAS DE EFLUENTES DE ABATEDOURO AVÍCOLA LIVRE DE
ANTIBIÓTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, para obtenção do título de Grau acadêmico Bacharel(a) em Medicina Veterinária.

Área de Concentração: Inspeção de Produtos de Origem Animal

Data da defesa: 11 de novembro de 2024

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fábio Sossai Possebon
UNESP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu

Profa. Dra. Renata Navarro Cassu
UNESP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu

MIYASAKI, RAFAEL KOJI. *Avaliação da resistência antimicrobiana de cepas de Pseudomonas spp., Enterococcus spp., Salmonella spp. e E. coli isoladas de efluentes de abatedouro avícola livre de antibióticos*. Botucatu, 2024. 20p. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Medicina Veterinária, Área de Concentração: Inspeção de Produtos de Origem Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO

A produção mundial de carne de frango vem aumentando ao longo dos anos. A cadeia de produção passou por diversas alterações, como a adição de antibióticos promotores de crescimento na dieta dos animais. Com o aumento do volume de abate, a produção de efluentes de abatedouros avícolas, cujo principal destino é o solo, também aumenta. Mesmo após passar por diferentes tipos de tratamentos, esses efluentes podem conter microrganismos patogênicos. Esse trabalho avaliou a resistência antimicrobiana, por meio do teste de disco-difusão, de isolados de *Pseudomonas* spp., *Enterococcus* spp., *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*, bactérias de importância zoonótica, isoladas de efluentes de um abatedouro exclusivo de frangos criados no sistema livre de antibióticos. Foram encontradas porcentagens de resistência a diferentes drogas antimicrobianas e de isolados multidroga resistentes (MDR) significativas. Esses resultados indicam que os mecanismos de resistência antimicrobiana são complexos e estão disseminados, até mesmo nos sistemas de produção livre de antibióticos. A presença destes microrganismos nos efluentes pode favorecer sua perpetuação no ambiente e a infecção a diversas espécies, inclusive a humana, podendo significar riscos à saúde única.

Palavras-chave: resistência antimicrobiana, saúde única, efluente de abatedouro, avicultura.

MIYASAKI, RAFAEL KOJI. *Assessment of antimicrobial resistance of strains of Pseudomonas spp., Enterococcus spp., Salmonella spp. and E. coli isolated from antibiotic-free poultry slaughterhouse effluents*. Botucatu, 2024. 20p. Trabalho de conclusão de curso de graduação (Medicina Veterinária, Área de Concentração: Inspeção de Produtos de Origem Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

ABSTRACT

Global chicken meat production has been increasing over the years. The production chain underwent several changes, such as the addition of growth-promoting antibiotics to the animals' diet. With the increase in slaughter volume, the production of effluents from poultry slaughterhouses, whose main destination is the soil, also increases. Even after different types of treatments, these effluents may contain pathogenic microorganisms. This the aim of this study was to evaluate antimicrobial resistance, using the disk diffusion method, of isolates of *Pseudomonas* spp., *Enterococcus* spp, *Salmonella* spp. and *Escherichia coli*, zoonotic bacteria, isolated from effluents from an exclusive slaughterhouse for broiler chickens raised in an antibiotic-free system. Percentages of resistance to different antimicrobial drugs and important multidrug resistant (MDR) isolates were found. These results indicate that antimicrobial resistance mechanisms are complex and widespread, even in antibiotic-free production systems. The presence of these microorganisms in effluents can favor their perpetuation in the environment and the infection of various species, including humans, which can pose one health risks.

Key-words: antimicrobial resistance, one health, slaughterhouse wastewater, poultry farming.

SUMÁRIO

1.	Introdução	7
2.	Revisão de Literatura	8
2.1.	Avicultura no Brasil.....	8
2.2.	Uso de antibióticos na avicultura.....	8
2.3.	Bactérias zoonóticas de importância na avicultura.....	9
2.3.1.	<i>Pseudomonas</i> spp.....	9
2.3.2.	<i>Enterococcus</i> spp.	10
2.3.3.	<i>Salmonella</i> spp.....	10
2.3.4.	<i>Escherichia coli</i>	11
3.	Materiais e métodos	12
4.	Resultados.....	14
4.1.	<i>Pseudomonas</i> spp.....	14
4.2.	<i>Enterococcus</i> spp.	14
4.3.	<i>Salmonella</i> spp.....	15
4.4.	<i>Escherichia coli</i>	15
5.	Conclusão	17
6.	Referências	18

1. Introdução

A produção mundial de carne de frango, nos últimos 60 anos, tem tido um aumento muito expressivo (FAOSTAT, 2022). Nesse cenário, o Brasil ocupa um importante papel, sendo, em 2023, o maior exportador, e o segundo maior produtor (ABPA, 2024).

Esse aumento na produção foi possível graças a investimentos em áreas como genética, tecnologia, sanidade, manejo, nutrição, higiene e bem-estar animal (VOGADO et. al, 2016). Uma importante alteração no sistema de produção da avicultura industrial que auxiliou nesses resultados foi a adição de antibióticos como promotores de crescimento na ração e na água de bebida das aves, sem a necessidade de prescrição médica veterinária (JONES E RICKE, 2003).

Como consequência desse aumento no volume de produção e de abate das aves, ocorreu um aumento na geração de efluentes, que são definidos como despejos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos (BRASIL, 2011), dos abatedouros. Segundo a Portaria 210 do Ministério da Agricultura e Abastecimento, de 1998, pode-se ter como base um consumo médio de 30L de água por ave abatida durante todo o processo de abate. Portanto, o total de água utilizado e de efluente gerado é diretamente proporcional ao número de aves abatidas.

O principal destino desses efluentes, após passarem pelos devidos tratamentos, é o solo (ARAUJO, 2019). No entanto, muitas vezes esses tratamentos não eliminam por completo a carga microbiana presente nesse material (GONÇALVES et. al, 2016), causando possíveis danos à saúde animal, humana e para o meio ambiente. Nesse contexto, insere-se o conceito da saúde única, que contempla uma interligação entre a saúde humana, saúde dos animais, em harmonia com o ambiente (MIRANDA, 2018). O uso indiscriminado de antibióticos na alimentação animal seleciona bactérias resistentes, aumentando sua incidência, tanto no ambiente, quanto nas cadeias de produção e nos efluentes dos abatedouro, podendo facilitar possíveis infecções bacterianas de outros animais e dos humanos (SINGER et.al, 2003).

Sob essa visão, e também por conta de o mercado consumidor exigir cada vez mais, produtos oriundos de cadeias de produção e processos mais sustentáveis (MAZZUCO, 2022), tem aumentado o número de sistemas de criações alternativas (HAQUE et. al, 2020), sem o uso de antibióticos como promotores de crescimento, e alguns até mesmo com uso proibido para tratamento de enfermidades (ROTHROCK et. al, 2021). Dessa forma, a tendência é que a incidência de bactérias resistentes a antibióticos diminua, diminuindo também sua incidência nos efluentes e todos seus problemas subsequentes (WHO, 2023).

2. Revisão de Literatura

2.1. Avicultura no Brasil

A produção de carne de frango mundial aumentou de 7,5 milhões de toneladas, em 1961 (FAOSTAT, 2022), para 103 milhões de toneladas em 2023 (USDA), correspondendo a um crescimento de mais de 1200%. O Brasil ocupa um importante papel nesse cenário, sendo responsável pela produção de 14.833 milhões de toneladas de carne de frango em 2023 (segundo maior produtor), e exportação de 5.139 milhões de toneladas (maior exportador) (ABPA, 2024). Esse protagonismo do Brasil no cenário mundial ocorreu graças a algumas mudanças na cadeia produtiva e nas tecnologias disponíveis (SCHMIDT & SILVA, 2018).

Até a década de 1970, a maioria da produção era realizada em pequenas propriedades rurais, e eram comercializadas diretamente com o varejo. A partir da década de 1970, esse cenário foi substituído pelos sistemas de cooperativas e integração. Paralelamente a isso, ocorreram importantes avanços tecnológicos, visando um maior ganho de peso em um menor intervalo de tempo, como investimentos nas seleções de linhagem, nutrição, manejo, equipamentos e instalações, e gestão da produção, logística e comercialização (SANTOS, 2014).

2.2. Uso de antibióticos na avicultura

O uso de antibióticos na avicultura como promotor de crescimento teve início há mais de 60 anos, quando foi observado que resíduos da fermentação de clortetraciclina melhoravam a saúde e aumentavam o crescimento das aves

(GUARDABASSI & KRUSE, 2008). Desde então, foram desenvolvidos alguns medicamentos antimicrobianos para uso exclusivo na saúde e alimentação animal (BEZERRA et. al, 2017). No entanto, devido a questões financeiras e regulatórias, o uso desses medicamentos foi sucedido também para uso na medicina humana (GIGUÈRE, 2013).

A problemática disso é que, com o uso disseminado de antibióticos na cadeia avícola, são selecionados microrganismos resistentes a esses antibióticos (SINGER et.al, 2003). Uma das formas que isso pode impactar a saúde humana é através da cadeia alimentícia. Essas bactérias resistentes se multiplicam, e podem passar seus genes de resistência para outros microrganismos, inclusive de outras espécies. Quando esses microrganismos são patogênicos, uma vez colonizando os ambientes, infectam os frangos, muitas vezes sem manifestar sinais clínicos, resultando num produto final também contendo esses patógenos (SARAIVA et. al, 2021). Uma vez que ocorrem essas infecções, seja em animais ou em humanos, o tratamento pode ser mais difícil e dispendioso, visto que os microrganismos apresentam resistência aos fármacos disponíveis utilizados para tratamento (SINGER et.al, 2003).

Além disso, com o aumento do volume de abate de aves, também ocorreu um aumento no volume de água utilizado durante o processo, e consequentemente, um aumento na produção de efluentes dos abatedouros avícolas (DE OLIVEIRA et. al, 2020). Esses efluentes são ricos em material orgânico, especialmente proteínas e compostos de cadeias longas (VALLADÃO et. al, 2007), e podem conter microrganismos patogênicos (BUSTILLO-LECOMPTE & MEHRVAR, 2017). Existem alguns métodos para tratamento desses efluentes, mas nem todos conseguem remover os resíduos de antibióticos e a carga microbiana presente nesse material (BUSTILLO-LECOMPTE & MEHRVAR, 2015).

2.3. Bactérias zoonóticas de importância na avicultura

2.3.1. *Pseudomonas* spp.

A principal espécie de importância do gênero *Pseudomonas* na avicultura é a *P. aeruginosa*. Ela é uma bactéria encontrada no solo, e pode colonizar

habitats aquáticos e infectar animais e plantas (BERCHERI JR et. al, 2009). Além disso, ela é uma bactéria oportunista nas aves, e quando estas encontram desafios, ela pode se tornar patogênica, causando sinais clínicos respiratórios, septicemia, diarreia e mortes (BERCHERI JR et. al, 2009). A infecção em humanos resulta principalmente em sinais clínicos respiratórios (MUGGEO et. al, 2023).

2.3.2. *Enterococcus* spp.

Bacterias do gênero *Enterococcus* são encontradas na microbiota intestinal dos animais e do homem, e são oportunistas. Elas estão associadas a quadros de artrite, espondilite, osteomielite, espondilolistese, necrose da cabeça do fêmur, endocardite, granulomas hepáticos, ascite, hipertensão pulmonar e encefalomalacia nas aves. (BERCHERI JR et. al, 2009).

Na medicina humana, esse gênero tem importância devido ao alto grau de resistência antimicrobiana, que dificulta o tratamento das infecções. (VIGNAROLI et. al, 2011). A infecção humana por *Enterococcus* spp. pode causar bacteremia, septicemia, infecções do trato urinário, infecções de feridas, meningites e endocardites (CAMPOS et. al, 2013).

Enterococcus spp. está frequentemente associada à produção animal devido à sua presença no trato intestinal dos animais, sendo comum em ambientes de processamento de carne. Sua grande capacidade de adaptação a condições adversas facilita sua sobrevivência nos efluentes (RIBOLDI, 2007). Seu isolamento é importante para avaliar o risco microbiológico e a viabilidade dessas bactérias após o tratamento dos efluentes, já que algumas cepas podem apresentar resistência a antibióticos, contribuindo para o desenvolvimento da resistência bacteriana no ambiente.

2.3.3. *Salmonella* spp.

As infecções causadas por espécies do gênero *Salmonella* nas aves podem ser divididas em 3 enfermidades distintas: pulrose, causada pela *Salmonella* Pullorum, tifo aviário, causado pela *S. Gallinarum*, e paratifo aviário, causado pelos outros sorovares (BERCHERI JR et. al, 2009).

A pulorose costuma acometer aves jovens, até 3 semanas de idade, mas também pode causar enfermidade em aves adultas. Os principais sinais clínicos nas aves jovens são sonolência, perda de apetite, refugagem, diarreia branca e morte. Nas aves adultas, a observação dos sinais clínicos é menos evidente. Pode ocorrer queda no consumo de ração, queda de postura, penas arrepiadas e cristas pálidas. A principal forma de infecção é vertical, então é imprescindível manter um controle e acompanhamento rígido nos matrizeiros e nos incubatórios (BERCHERI JR et. al, 2009).

O tifo aviário é mais comum em aves adultas, mas também pode acometer aves mais jovens. A principal forma de transmissão é horizontal. As aves acometidas apresentam diarreia esverdeada, ficam prostradas e param de se alimentar (BERCHERI JR et. al, 2009).

O paratifo aviário, assim como a pulorose, é mais comum em aves mais jovens. Os pintainhos apresentam diarreia, ficam com as asas caídas e penas arrepiadas, e tendem a se amontar. (BERCHERI JR et. al, 2009)

Além disso, o gênero *Salmonella* tem grande importância na medicina humana. Segundo dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAM) (BRASIL, 2024), do Ministério da Saúde, essas bactérias são responsáveis por cerca de 20% de todos os surtos de doenças de transmissões hídricas e alimentares notificados.

2.3.4. *Escherichia coli*

E. coli faz parte da microbiota intestinal da maioria dos animais. Nas aves, somente algumas amostras são capazes de causar a manifestação clínica, a depender de seus fatores de virulência. A manifestação da doença é secundária a outros agentes, e extra intestinal, causando aerossaculite, pericardite, sinais respiratórios, entre outros. Além disso, infecções por *E. coli* podem causar níveis de mortalidade elevados, e consequentemente, grandes perdas produtivas (BERCHERI JR et. al, 2009).

Nos humanos, a infecção por alguns sorotipos de *E. coli* é uma das maiores causas de Doenças de Origem Alimentar (DOA), sendo responsável por

milhares de mortes por ano, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil (BERCHERI JR et. al, 2009).

O objetivo desse trabalho foi verificar a resistência de cepas de *Pseudomonas* spp., *Enterococcus* spp., *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* isoladas dos efluentes de um abatedouro avícola exclusivo de aves criadas sob sistema livre de antibióticos.

3. Materiais e métodos

Foram obtidos isolados de *Pseudomonas* spp., *Enterococcus* spp., *Salmonella* spp. e *E. coli* a partir de efluentes de um abatedouro exclusivo de aves de um sistema de criação livre de antibióticos, localizado no município de Ipeúna-SP, com capacidade de abate de 20.000 aves por dia.

Os isolamentos bacterianos iniciaram com a obtenção de *Pseudomonas*, onde 1 mL da amostra de efluente foi inoculado em três placas com ágar Cetrimide e incubado a $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 48 ± 2 horas (HART & KITE, 1977). As colônias típicas foram submetidas ao teste de oxidação para confirmação, com os resultados expressos em log UFC/mL. Três isolados foram selecionados e armazenados a -20°C para análises futuras. No caso de *Enterococcus*, uma alíquota de 25 mL da amostra foi enriquecida com 225 mL de caldo APT, agitada por 3 minutos e incubada a 37°C por 18-24 horas. Depois, o caldo foi inoculado em ágar BBL Enterocossel™ e incubado a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (KLEIN et al., 1998). Três colônias foram selecionadas e armazenadas para análises posteriores. Para *Escherichia coli*, 25 mL de amostra foi enriquecido com 225 mL de APT, agitado por 3 minutos e incubado a 37°C por 18-24 horas. Após isso, o caldo foi inoculado em ágar TBX e incubado a 44°C por 24 horas (ISO 16649-2). Três colônias foram selecionadas para análises futuras. A pesquisa de *Salmonella* seguiu a ISO 6579 (ISO, 2017), com 25 mL de amostra homogeneizada em 225 mL de água peptonada tamponada (APT) e incubada a 37°C por 18-20 horas. Após isso, 1 mL foi transferido para o caldo MKTTn e 0,1 mL para o caldo RVS, incubados a 37°C e 42°C por 24 horas, respectivamente. As amostras foram plaqueadas em ágar XLD e BS e incubadas a 37°C por 24 horas, com três colônias selecionadas para testes confirmatórios.

Os isolados foram submetidos a testes de resistência a antibióticos de diferentes classes, empregando o método de disco-difusão. A seleção dos antibióticos para os testes de sensibilidade seguiu as diretrizes estabelecidas pelo *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI, 2020), considerando os antimicrobianos recomendados para os isolados do estudo. Além dos antibióticos recomendados, foi necessário levar em conta aqueles que estavam disponíveis no laboratório durante as análises. A seleção considerou a disponibilidade dos discos antimicrobianos e os protocolos já estabelecidos, ajustando-se aos recursos do laboratório.

Para os isolados de *Pseudomonas* spp, foram selecionados 7 antibióticos, sendo eles: ácido nalidíxico (30µg); cefotaxima (30µg); cloranfenicol (30µg); gentamicina (120µg), ceftazidima (30g), amoxicilina (10µg) e imipenem (10µg). Para os isolados de *Enterococcus* spp. foram selecionados 12 antibióticos, sendo eles: ampicilina (10µg); penicilina (10µg); estreptomicina (300µg); gentamicina (120µg); cloranfenicol (30µg); tetraciclina (30µg); clindamicina (2µg); vancomicina (30µg); teicoplanina (30µg), ciprofloxacino (5µg); norfloxacino (10µg). Para os microrganismos da família das enterobactérias (*Salmonella* spp. e *E. coli*), foram utilizados 12 antibióticos, sendo eles: ácido-nalidixico (30µg); amoxicilina (10µg); ampicilina (10µg); ceftazidima (30µg); cefotaxima (30µg); ciprofloxacino (5µg); cloranfenicol (30µg); gentamicina (10µg); imipenem (10µg); norfloxacino (10µg); trimetropim (5µg); tetraciclina (30µg).

Os isolados foram cultivados em caldo Trypticase Soy Broth (TSB)(Oxoid) e incubados a 37°C por um período de 18-24 horas. Em seguida, as culturas foram diluídas em TSB à uma turbidez de 0,5 na escala de *MacFarland*. A suspensão bacteriana foi inoculada em placas contendo ágar Mueller-Hinton (MH) (Oxoid), e posteriormente os discos de antibióticos a serem avaliados foram adicionados. Os conjuntos foram incubados a 37°C por 18-24 horas. Ao término desse período, foi realizada a medição do halo de inibição, e os resultados foram classificados como resistente, intermediário ou sensível, de acordo com as diretrizes do CLSI, 2020. Isolados que demonstraram resistência a três ou mais grupos de antibióticos testados foram categorizados como multidroga resistentes

(MDR) (MAGIORAKOS et al., 2012).

4. Resultados

Foram obtidos e avaliados 12 isolados de *Pseudomonas* spp., 6 de *Enterococcus* sp., 3 de *Salmonella* spp. e 8 de *Escherichia coli*. Os resultados estão na Tabela 1.

4.1. *Pseudomonas* spp.

Nenhum dos isolados de *Pseudomonas* spp. foi MDR. 100% dos isolados foram sensíveis a cefotaxima, gentamicina, ceftazidima e imipenem. Com relação ao ácido nalidíxico, 33% das amostras foram sensíveis, 42% foram resistentes e 25% tinham resistência intermediária; 17% foram sensíveis a amoxicilina, 50% foram resistentes e 33% tinham resistência intermediária; 67% foram sensíveis ao cloranfenicol, 25% foram resistentes e 8% tinham resistência intermediária.

Trabalhos anteriores obtiveram resultados de 100% de sensibilidade para ceftazidima, ácido nalidíxico e imipenem. 90,3% das amostras foram resistentes ao cloranfenicol, e 93,5% para amoxicilina. Para gentamicina, foi obtido 3,2% de amostras resistentes (MAIA et. al, 2009), e para cefotaxima, 75% (VASCONCELOS, 2017).

4.2. *Enterococcus* spp.

100% dos isolados de *Enterococcus* spp. foram MDR. 100% foram resistentes à ampicilina, penicilina, clindamicina, teicoplanina, ciprofloxacino e norfloxacino; 100% foram sensíveis a estreptomicina. 83% foram sensíveis e 17% tiveram resistência intermediária à gentamicina e ao cloranfenicol. 67% foram sensíveis à tetraciclina e 33% foram resistentes; 17% foram sensíveis a vancomicina, 50% foram resistentes e 33% tiveram sensibilidade intermediária.

Porcentagens de resistência antimicrobiana de *Enterococcus* spp. foram descritas anteriormente com valores de 86% para tetraciclina, 32% para ciprofloxacino, 12% para cloranfenicol, 6% para ampicilina e gentamicina, 0% para vancomicina teicoplanina e (CAMPOS et. al, 2013), 91% para clindamicina,

54% para penicilina, 2% para norfloxacino (SIMJEE et. al, 2007) e 54% para estreptomicina (MARTÍNEZ, 2017).

4.3. *Salmonella* spp.

Com relação às amostras de *Salmonella* spp., 33% foram MDR. 100% foram resistentes ao ácido nalidíxico, 33% foram resistentes a amoxicilina, ampicilina, ceftazidima e tetraciclina; nenhum dos isolados apresentou resistência a cefotaxima, ciprofloxacino, cloranfenicol, gentamicina, imipenem, norfloxacino e trimetropim.

Ao redor do mundo, estudos relatam taxas de resistência de isolados de *Salmonella* spp. de 83,33% a tetraciclina, 70% a norfloxacino (LENCHENKO, 2020), 80% ao ácido nalidíxico, 64% a ampicilina, 39% a trimetropim, 29% a amoxicilina, 19% a ciprofloxacino, 19% a ceftazidima, 14% a cloranfenicol, 8% a cefotaxima, 6% a gentamicina e não há relatos de resistência ao imipen. (CASTRO-VARGAS et. al, 2020).

4.4. *Escherichia coli*

75% das amostras de *E. coli* foram MDR. 100% foram resistentes a tetraciclina; 88% foram resistentes e 12 % foram sensíveis a cloranfenicol; 38% foram sensíveis a ampicilina, 12% tiveram sensibilidade intermediária e 50% foram resistentes; 25% foram sensíveis a amoxicilina, 38% tiveram sensibilidade intermediária e 38% foram resistentes; 62% foram sensíveis a trimetropim, e 38 % foram resistentes; 75% foram sensíveis a ciprofloxacino e 25% foram resistentes; com relação a cefotaxima e gentamicina, 88% foram sensíveis e 12%, resistentes; 75% foram sensíveis a ácido nalidixico e 25% tiveram sensibilidade intermediária; 100% dos isolados foram sensíveis a ceftazidima, imipen e norfloxacino.

Trabalhos anteriores relatam valores de resistência antimicrobiana de *E. coli* de 69% para ampicilina, 67% para tetraciclina, 65% para amoxicilina, 60% para trimetoprim, 59% para norfloxacino, 53% para ciprofloxacino, 52% para cloranfenicol, 40% para ácido nalidixico, 27% para gentamicina, 23% para

cefotaxima e 3% para ceftazidima. 3% (ROTH et. al, 2019), e 20% para imipenem (SCHMIEDT, 2021).

Tabela 1. Porcentagem de resistência a diferentes compostos antibióticos e de resistência a múltiplas drogas (MDR) em isolados obtidos em diferentes etapas da cadeia produtiva de uma empresa produtora de aves no sistema livre de antibióticos.

	<i>Pseudomonas</i> spp. (n=12)	<i>Enterococcus</i> spp. (n=6)	<i>Salmonella</i> spp. (n=3)	<i>Escherichia</i> <i>coli.</i> (n=8)
MDR (%)	0	100	33	75
AMO (%)	50	-	33	38
AMP (%)	-	100	33	50
CAZ (%)	0	-	33	0
CIP (%)	-	100	0	25
CLI (%)	-	100	-	-
CLO (%)	25	0	0	88
CTX (%)	0	-	0	12
EST (%)	-	0	-	-
GEN (%)	0	0	0	12
IPM (%)	0	-	0	0
NAL (%)	42	-	100	0
PEN (%)	-	100	-	-
NOR (%)	-	100	0	0
TEC (%)	-	100	-	-
TET (%)	-	33	33	100
TRI (%)	-	-	0	38
VAN (%)	-	50	-	-

Legenda: MDR = multidroga resistente; AMO = amoxicilina; AMP = ampicilina; CAZ = ceftazidima; CIP = ciprofloxacino; CLI = clindamicina; CLO = cloranfenicol; CTX = cefotaxima; EST = estreptomicina; GEN = gentamicina; IPM = imipenem; NAL = ácido nalidixico; PEN = penicilina; NOR = norfloxacino; TEC = teicoplanina; TET = tetraciclina; TRI = trimetropim; VAN = vancomicina. (-) = antibiótico não avaliado para os isolados.

De modo geral, foi possível observar que as taxas de resistências antimicrobianas foram menores, quando comparadas a outros estudos ao redor

do mundo, com exceção dos isolados de *Enterococcus* spp.. No entanto, a prevalência de cepas resistentes a alguns antibióticos, como por exemplo a resistência de *Salmonella* spp. ao ácido nalidíxico, e de *E. coli* à tetracilina, que foram de 100%, e de MDR ainda é significativa nas cadeias de produção alternativas livres de antibióticos.

5. Conclusão

Os resultados deste estudo levantam evidências que os mecanismos de desenvolvimento de resistência antibacteriana são complexos, pois ainda estão presentes também em meios nos quais não há a pressão seletiva dos fármacos antimicrobianos. Esses mecanismos culminam na expressão de genes que conferem algum tipo de defesa dos microrganismos frente ao antibacteriano, como a produção de enzimas que degradam o fármaco, ou a redução da permeabilidade celular ao fármaco, por exemplo. (DALMOLIN et. al, 2022). Os genes de resistência podem ser intrínsecos à bactéria, ou podem ter sido adquiridos, seja por mutação, por transferência dos genes de outras bactérias, ou através de bacteriófagos (DUARTE et. al, 2019).

O fato de a prevalência de bactérias MDR ser relativamente alta, até nos sistemas de criação livre de antibióticos, demonstra que os mecanismos de resistência estão disseminados. Isso se deve, provavelmente, ao fato de os antibióticos serem utilizados há décadas, tanto na medicina veterinária quanto na humana, de forma pouco consciente (ALMEIDA et. al, 2023).

Com relação ao uso dos antibióticos na alimentação animal, é possível observar uma movimentação de países no sentido de diminuir o seu uso. A União Europeia, por exemplo, banuiu em 2006 o uso de qualquer tipo de antibiótico como promotor de crescimento (SILVA, 2019). No Brasil, visando também atender às exigências do mercado externo, têm sido criadas regulamentações, como a Portaria SDA N° 798, de 10 de maio de 2023, que buscam estimular uma utilização de antibióticos na alimentação animal mais consciente.

No entanto, a realidade ainda é de utilização de antibióticos na maioria dos sistemas de produção e da presença de microrganismos MDR nos efluentes de

abatedouros tratados. Os efluentes gerados em abatedouros, especialmente os de aves, representam um risco microbiológico significativo, uma vez que podem conter uma variedade de microrganismos, incluindo bactérias resistentes a antibióticos. Dessa forma, as bactérias MDR se perpetuam no ambiente, podendo impactar tanto a medicina veterinária quanto a humana, significando, portanto, possíveis riscos à saúde única.

6. Referências

- ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2024**. São Paulo: ABPA, 2024. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2024/04/ABPA-Relatorio-Anual-2024_capa_frango.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2024.
- ALMEIDA, Wesley Natam Martins et al. Impactos da utilização de antimicrobianos na resistência antimicrobiana: uma revisão de literatura com abordagem da saúde única. **Revista Universitária Brasileira**, v. 1, n. 2, 2023.
- ARAUJO, Izabela Regina Costa. Irrigação com efluente tratado de abatedouro de aves sobre o solo e a produção florestal. 79 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.
- BERCHERI JR, A. et al. Doenças das aves. 2. ed. Brasil, FACTA, 2009. 1104p.
- BEZERRA, W. G. A. et al. Antibióticos no setor avícola: uma revisão sobre a resistência microbiana. **Archivos de zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 301-307, 2017.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SINAN – SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO. Disponível em: <<http://portalsinan.saude.gov.br/surto-doencas-transmitidas-por-alimentos-dta>>. Acesso em: 8 ago. 2024.
- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 430 DE 13/05/2011. 2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114770>>. Acesso em: 6 jul.2024.
- BUSTILLO-LECOMPTE, Ciro Fernando; MEHRVAR, Mehrab. Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances. **Journal of environmental management**, v. 161, p. 287-302, 2015.
- BUSTILLO-LECOMPTE, Ciro; MEHRVAR, Mehrab. Slaughterhouse

wastewater: treatment, management and resource recovery. **Physico-chemical wastewater treatment and resource recovery**, p. 153-174, 2017.

CAMPOS, Ana Claudia F. et al. Resistência antimicrobiana em *Enterococcus faecalis* e *Enterococcus faecium* isolados de carcaças de frango. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, p. 575-580, 2013.

CASTRO-VARGAS, Rafael Enrique et al. Antibiotic resistance in *Salmonella* spp. isolated from poultry: A global overview. **Veterinary world**, v. 13, n. 10, p. 2070, 2020.

DALMOLIN, Jaqueline et al. Mecanismos de expressão de resistência aos antibióticos e saúde pública. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 26, n. 3, 2022.

DA SILVA DUARTE, Suzane Meriely et al. Revisão Sistemática da Resistência e Farmacodinâmica de Antibióticos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 21476-21489, 2019.

DE MESQUITA SOUZA SARAIVA, Mauro et al. Antimicrobial resistance in the globalized food chain: A One Health perspective applied to the poultry industry. **Brazilian Journal of Microbiology**, p. 1-22, 2022.

DE OLIVEIRA, Miriã Gonçalves et al. Utilização de subprodutos do abate de frangos. **Anais da Semana Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária (VET WEEK)**, v. 2, n. 1, 2020.

DOS SANTOS, Gesmar Rosa. Cadenas Agroindustriales y Avicultura en Brasil: organización productiva y escalamiento por cooperativas, 2014. 45p.

FAOSTAT Statistical Database. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Acesso em 22 jul. 2024

GIGUÈRE, Steeve. Antimicrobial drug action and interaction: an introduction. **Antimicrobial therapy in veterinary medicine**, p. 1-10, 2013.

GONÇALVES, José Eduardo; PAIXÃO, Rebecca Manesco; DA SILVA, Luiz Henrique Biscaia Ribeiro. Estudos físico-químicos e microbiológicos da eficiência do tratamento de efluente proveniente de abatedouro avícola. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 473-489, 2016.

GUARDABASSI, Luca; JENSEN, Lars Bøggø; KRUSE, Hilde (Ed.). **Guide to antimicrobial use in animals**. Oxford, UK: Blackwell Pub., 2008.

HAQUE, Md Hakimul et al. Sustainable antibiotic-free broiler meat production: Current trends, challenges, and possibilities in a developing country perspective. **Biology**, v. 9, n. 11, p. 411, 2020.

HART, A.; KITE, Atricia E. Comparison of four selective agars for the isolation of pseudomonads. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 33, n. 5, p. 1209-1214, 1977.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 6579. Microbiology of the food chain --Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella --Part 1: Detection of Salmonella spp. 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO-16649. Microbiology of food and animal feeding stuffs--horizontal method for the enumeration of β -glucuronidase-positive Escherichia coli. Part 2: colony-count technique at 44° C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl β -D-Glucuronate (ISO 16649-2). 2001.

JONES, F. T.; RICKE, S. C. Observations on the history of the development of antimicrobials and their use in poultry feeds. **Poultry science**, v. 82, n. 4, p. 613-617, 2003.

KLEIN, Günter; PACK, Alexander; REUTER, Gerhard. Antibiotic resistance patterns of enterococci and occurrence of vancomycin-resistant enterococci in raw minced beef and pork in Germany. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 64, n. 5, p. 1825-1830, 1998.

LENCHENKO, Ekaterina et al. Poultry Salmonella Sensitivity to Antibiotics. **Systematic Reviews in Pharmacy**, v. 11, n. 2, 2020.

MAGIORAKOS A. *et al.* Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 18,n. 3, p. 268–281, 2012.

MAIA, Adriana de Araújo et al. Resistência antimicrobiana de Pseudomonas aeruginosa isolados de pescado e de cortes e de miúdos de frango. **Food Scienceand Technology**, v. 29, p. 114-119, 2009.

MAZZUCO, H. Bem-estar animal na cadeia de produção de frangos: compromisso com a sustentabilidade. 2022.

Ministério da Saúde(SINAN Sistema de Informação de Agravos de Notificação

MIRANDA, Michele. A contribuição do médico veterinário a saúde única-one

health. **Psicologia e Saúde em debate**, v. 4, n. Suppl1, p. 34-34, 2018.

MUGGEO, Anaëlle; CORAUX, Christelle; GUILLARD, Thomas. Current concepts on *Pseudomonas aeruginosa* interaction with human airway epithelium. **PLoS pathogens**, v. 19, n. 3, p. e1011221, 2023.

PUENTES MARTÍNEZ, Ana Rosa. Determinación de perfiles de resistencia antimicrobiana para *Salmonella* spp, *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp en la cadena productiva avícola: abuelas, reproductoras y pollo de engorde. 2017. 111p. Tese (Mestrado em Ciências Pecuárias) – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Tolima.

RIBOLDI, Gustavo Pelicioli. Perfil de resistência antimicrobiana e análise de *Enterococcus* spp. isolados de alimentos em Porto Alegre, RS. 2007.

ROTH, Nataliya et al. The application of antibiotics in broiler production and the resulting antibiotic resistance in *Escherichia coli*: A global overview. **Poultry science**, v. 98, n. 4, p. 1791-1804, 2019.

ROTHROCK JR, Michael James et al. Antibiotic resistance, antimicrobial residues, and bacterial community diversity in pasture-raised poultry, swine, and beef cattle manures. **Journal of Animal Science**, v. 99, n. 8, p. skab144, 2021.

SCHMIDT, Nádia Solange; SILVA, Christian Luiz da. Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 3, p. 467-482, 2018.

SCHMIEDT, JHENNIFER ARRUDA. Caracterização do perfil fenotípico e genotípico de resistência a antimicrobianos de isolados de *Escherichia coli* em uma cadeia produtiva de frango de corte. 2021. Disponível em : < https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=10408619>. Acesso em: 9 ago.2024.

SILVA, Rafael Almeida da et al. A resistência a antimicrobianos: revisão sobre o uso de antibióticos em animais e a resistência em humanos. 2019. Disponível em: < <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/48756>>. Acesso em: 17 ago.2024

SIMJEE, Shabbir et al. Antimicrobial susceptibility and distribution of antimicrobial-resistance genes among *Enterococcus* and coagulase-negative *Staphylococcus* isolates recovered from poultry litter. **Avian diseases**, v. 51, n. 4, p.884-892, 2007.

SINGER, Randall S. et al. Antibiotic resistance—the interplay between

antibiotic use in animals and human beings. **The Lancet infectious diseases**, v. 3, n. 1, p. 47-51, 2003.

UNITED STATES. United States Department of Agriculture. Production – ChickenMeat. Washington, DC: USDA, 2024. Disponível em: <<https://fas.usda.gov/data/production/commodity/0115000>>. Acesso em: 23 jun. 2024.

VALLADÃO, Alessandra Bormann Garcia; FREIRE, Denise Maria Guimarães; CAMMAROTA, Magali Christe. Enzymatic pre-hydrolysis applied to the anaerobic treatment of effluents from poultry slaughterhouses. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 60, n. 4, p. 219-225, 2007.

VASCONCELOS, Priscylla Carvalho et al. Ocorrência de enterobactérias produtoras de beta lactamase de espectro ampliado (Esbl) em carcaças de frango comercializadas no estado da Paraíba. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15861>>. Acesso em 2 ago. 2024.

VIGNAROLI, Carla et al. Multidrug-resistant enterococci in animal meat and faeces and co-transfer of resistance from an *Enterococcus durans* to a human *Enterococcus faecium*. **Current microbiology**, v. 62, p. 1438-1447, 2011.

VOGADO, Gleissa Mayone Silva et al. Evolução da avicultura brasileira. **Nucleus Animalium**, v. 8, n. 1, p. 49-58, 2016.

WHO. World Health Organization. Antimicrobial Resistance. 2023. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>>. Acesso em: 30 jul. 2024.