

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**APLICAÇÃO DE REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS NA AVICULTURA  
COMERCIAL**

**Thiago Bischoff Müller**

**PORTO ALEGRE  
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS NA AVICULTURA  
COMERCIAL**

**Autor: Thiago Bischoff Müller**

**Trabalho apresentado à Faculdade de  
Veterinária como requisito parcial para a  
obtenção da Graduação em Medicina  
Veterinária**

**Orientador: Hamilton Luiz de Souza Moraes**

**Co orientador: Carlos Tadeu Pippi Salle**

**PORTO ALEGRE  
2019/1**

**Thiago Bischoff Müller**

**APLICAÇÃO DE REDES NEURAS ARTIFICIAIS NA AVICULTURA COMERCIAL**

Aprovado em

APROVADO POR

---

Prof. Dr. Hamilton Luiz de Souza Moraes  
Orientador e Presidente da Comissão

---

Dr. Thales Quedi Furian  
Membro da Comissão

---

Prof. Dr. Rafael Ulguim  
Membro da Comissão

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Dra. Tânia Bischoff, minha terceira orientadora, que sempre procurou acalmar e ajudar no meio de sua própria rotina agitada.

Ao meu pai, Luís Alberto Müller, que sempre me ajudou, orientou e guiou o caminho da medicina veterinária antes traçado por ele e que agora é traçado por mim.

À minha irmã, Marina Müller, que sempre esteve ali para desestressar e rir comigo nos momentos bons e ruins.

Aos meus amigos de longa data, Arthur Manfro, Fábio Xavier e Felipe Borges por estarem ao meu lado desde que me sei por gente e que sei que estarão comigo por muito mais tempo.

Às minhas colegas e grandes amigas, Amanda Gabanda, Bruna Leupolt, Camila Riboldi, Carolina Oliveira, Fernanda Wink, Manoela Sinhorelli, Maria Fernanda Wentz e Roberta Picolli que fizeram do dia a dia de muitos anos da faculdade algo divertido e leve.

À minha namorada, Jéssica Goulart, por entender e apoiar nos muitos momentos difíceis da vida e da graduação.

Aos meus tios, sejam eles de sangue ou não, João Müller, Rosana Gessinger, Paulo Chiela, Prisca Scalc, José Antônio Anzanello e Flávia Cauduro por me ensinarem sobre a vida de suas formas singulares e sempre atenciosas.

Aos Professores, técnicos, mestrandos, doutorandos e colegas dos setores que trabalhei e estagiei durante a faculdade, CEPETEC, CDPA, RuminAção, Laboratório de Biotecnologia da Reprodução e Embriologia Experimental, Setor de Grandes Ruminantes e DAFV, por todo o aprendizado e amizades.

Aos meus orientadores, Dr. Hamilton Moraes e Dr. Carlos Tadeu Salle, pela orientação, discussão e ajuda no ano que passei no CDPA e na realização desse trabalho.

À UFRGS, por proporcionar uma educação de alta qualidade, livre de custo e que demonstra a realidade do dia a dia.

Aos muitos outros colegas e amigos que não foram mencionados, mas que mudaram a minha vida de uma maneira ou outra e dos quais espero ter feito o mesmo.

“Em tempos, os homens entregavam o pensamento às máquinas, na esperança de que isso os libertasse. Mas só permitiu que outros homens com máquinas os escravizassem.”

Frank Herbert – Duna

## **RESUMO**

Redes neurais artificiais são um conjunto de ferramentas para a análise de dados. Através de um funcionamento que simula o cérebro biológico, com estruturas que se baseiam em neurônios e como eles se comunicam, o computador é capaz de estipular valores e pesos para aprender como o funcionamento do problema em questão ocorre. Este trabalho teve como objetivo analisar as aplicações dessas ferramentas em um contexto atual da avicultura comercial, ramo da medicina veterinária em que a grande quantidade de dados e informações obtidas nas diversas etapas de produção e diagnóstico permitem uma análise com o uso de redes neurais artificiais. Também foi estudado como as ferramentas estão sendo aplicadas em outros ramos da medicina veterinária. Esse conjunto de tecnologia permite que o produtor ou o médico veterinário tenha uma análise diferenciada dos dados de produção ou laboratório.

Palavras-chave: Redes; neurais; artificiais; diagnóstico; avicultura

## **ABSTRACT**

*Artificial neural networks are a set of tools used to analyze data. Through an inner working that simulates the biological brain with structures that are based on the workings of neurons, the computer is capable of stipulate values and weights with the purpose of learning how the working of a problem happens. This term paper had as objective to study the applications of this tool in an actual context of commercial poultry, a branch of veterinary medicine in which big amounts of data and information are obtained in the various stages of production and diagnosis, which allows the use of artificial neural networks for its study. It also analyzed how this set of tools are being used in different branches of veterinary medicine. This modern instrument allows the professional to have a distinctive analysis of the data regarding his or her production or field of work, being a laboratory or a coop.*

*Key words: Artificial; neural; networks; diagnosis; poultry*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Imagem ilustrativa da estrutura de um *perceptron*..... 16
- Figura 2** - Exemplo de estrutura de múltiplos *perceptrons* formando uma rede neural artificial..... 16



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 HISTÓRIA DAS REDES NEURAS.....</b>	<b>11</b>
<b>3 FUNCIONAMENTO DAS REDES NEURAS .....</b>	<b>14</b>
<b>4 REDES NEURAS NA AVICULTURA COMERCIAL .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Pesquisas com <i>Escherichia coli</i> .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Pesquisas na produção avícola .....</b>	<b>22</b>
<b>4.3 Outras aplicações na Avicultura Comercial .....</b>	<b>28</b>
<b>5 REDES NEURAS NA MEDICINA VETERINÁRIA.....</b>	<b>31</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO 1 : 40 fatores analisados na pesquisa de Augusto Spohr: .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cérebro humano é uma máquina cujo funcionamento até hoje intriga pesquisadores das mais diversas áreas. Ele é capaz de reconhecer um rosto familiar em uma multidão em questão de segundos, cria músicas, imagens e ideias novas e é responsável pelo que chamamos de consciência, algo que todos vivenciamos a todos os momentos, mas sua explicação é até hoje um mistério. O que se reconhece quanto ao funcionamento do cérebro é que ele funciona seguindo padrões químicos conhecidos e adquire experiências com base em situações vividas anteriormente.

A tentativa de criação de sistemas inteligentes como o cérebro humano é algo muito antigo e que a cada dia se torna mais próximo com o avanço da computação e a criação de máquinas e *softwares* mais rápidos e potentes. Um desses processos hoje já é possível, o processo de reconhecimento de padrões, uma das características chave que até pouco tempo atrás diferenciava humanos de máquinas. O reconhecimento de padrões é o que permite que entendamos o funcionamento ou a classificação de algo a partir de experiências passadas, mesmo sem nunca ter visto o algo em questão. Esse reconhecimento é feito com a tecnologia chamada de redes neurais artificiais.

O trabalho do médico veterinário, em qualquer área, leva à tomada de decisão de uma maneira ou outra. As consequências dessas decisões podem afetar as vidas de famílias e de seus animais de estimação, como cães e gatos, podem afetar o financeiro de empresas e produtores que dependem de animais para obter o dinheiro necessário para a sua sobrevivência e podem até afetar a economia de uma nação inteira, ao realizar a notificação de uma doença de importância sanitária, como a febre aftosa. Tendo em vista o peso da decisão que o profissional dessa área tem em suas mãos, é de extrema importância que essa decisão seja embasada em critérios objetivos, não em palpites (SALLE, 2018). As redes neurais artificiais são hoje mais uma ferramenta para embasar a decisão do profissional em fatos, como um exame sorológico, bacteriológico, histológico ou uma necropsia. A partir do treinamento do computador com dados passados é possível saber qual o desfecho provável para o problema em questão, assim como a probabilidade do desfecho em questão.

Esse trabalho estuda uma das aplicações dessa tecnologia, o foco em análise e reconhecimento de padrões a partir de dados de variadas etapas de produção de aves comerciais. A partir de um breve histórico e um pequeno resumo acerca do funcionamento da tecnologia,

passamos a relatar uma linha de pesquisa feita por Professores e alunos do CDPA (Centro de Diagnóstico e Pesquisa em Patologia Aviária), laboratório localizado na UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), onde no final da década de 90 foram iniciadas diversas linhas de pesquisa para estudar as possíveis aplicações das redes neurais artificiais na indústria de produção avícola. Até o presente momento, o laboratório em questão é o líder de pesquisas em utilização dessa tecnologia nessa grande área da medicina veterinária e produção animal. Após o relato dessas pesquisas serão apresentados alguns trabalhos, que utilizam dessa ferramenta para facilitar e trazer novos horizontes para pesquisas de cunho veterinário nas mais diversas áreas dessa abrangente profissão.

O trabalho analisou estudos e pesquisas publicadas nos últimos 18 anos a respeito das aplicações práticas das redes neurais artificiais na avicultura comercial, tendo como referências alunos de mestrado e doutorado do CDPA . Com esta análise documental foi verificado que há uma pequena quantidade de pesquisas feitas com o uso dessa tecnologia fora do laboratório citado. Assim, podemos dizer que UFRGS é a líder em pesquisas na área devido às pesquisas iniciadas no final dos anos 90 e que são feitas até hoje, com diversos trabalhos ainda a serem publicados.

## 2 HISTÓRIA DAS REDES NEURAIS

O início da neurocomputação é tido como a publicação do artigo de um neurofisiologista, McCulloch e um matemático, Pitts, publicado em 1943. Os autores mostraram que mesmo simples formas de redes neurais poderiam, em teoria, computar qualquer função aritmética ou lógica. Para tanto eles criaram uma simples rede neural com circuitos elétricos. Esse trabalho foi lido por diversos outros pesquisadores e teve uma forte influência no desenvolvimento dessa tecnologia. Foram outros autores, Norbert Wiener e von Neumann, que escreveram um artigo e livro nos quais fizeram a sugestão de que o design de um computador inspirado no cérebro traria resultados de interesse (YADAV, YADAV, KUMAR 2015)

Yadav, Yadav e Kumar (2015) referem que em 1949 Hebb perseguiu a ideia de que o condicionamento psicológico clássico é natural de animais, devido as suas propriedades individuais neuronais, além de apontar que os caminhos neurais são reforçados conforme eles são utilizados. Quando dois nervos são disparados ao mesmo tempo, a sua conexão é melhorada, argumentou. A ideia em si não era novidade, mas foi inovador ao propor uma lei de aprendizado específica para as sinapses de neurônios. Para Yadav, Yadav e Kumar (2015) diversos outros autores realizaram propostas e teorias, porém nenhum deles chegou a fazer um processo em si. Esses autores são ditos como aqueles que criaram as condições para o desenvolvimento da tecnologia de redes neurais. Na década de 50 foi construído o primeiro neurocomputador, chamado de Snark, por Marvin Minsky. Essas leis e teorias em conjunto com o desenvolvimento da computação permitiram a criação e crescimento das redes neurais (UMA BREVE..., [2018?]).

Em 1957, Frank Rosenblatt, neurobiologista, e colaboradores construíram o primeiro neurocomputador que obteve sucesso, o Mark I *perceptron*. Essa máquina sem *software* imitava um olho de mosca, classificando um grupo de estímulos de entrada em duas classes na saída. Rosenblatt é hoje considerado fundador da neurocomputação, devido ao seu trabalho na criação do *perceptron*, a unidade básica das redes neurais artificiais. Segundo Uma breve... ([2018?): “O *perceptron* calcula uma soma ponderada das entradas, subtrai um limite e passa um dos valores possíveis como resultado.”. O objetivo dessa primeira máquina era o reconhecimento de padrões, uma função comum e de extrema eficiência de neurocomputadores modernos. Alguns anos após os estudos de Rosenblatt, foi a vez de Bernard Widrow demonstrar seu trabalho ao desenvolver modelos de redes neurais que processavam elementos chamados de ADALINE e MADALINE. Essas redes foram equipadas com uma poderosa lei de aprendizado,

mais avançada que a de seu primo *perceptron*, que até hoje está em amplo uso. Após a criação de ADALINE, as redes neurais passaram a modificar seus valores de forma a chegar mais próximo do resultado a partir dos exemplos que foram dados para o seu aprendizado. Poderíamos comentar de diversos outros pesquisadores e grupos que fizeram notáveis avanços no que é considerada a primeira era de ouro das redes neurais, mas para isso seriam necessárias muitas páginas de conteúdo que não agregaria em muito para o que é o objetivo dessa revisão. (YADAV, YADAV, KUMAR 2015; KOVÁCS, 2002.; UMA BREVE..., [2018?])

Porém, os sucessos obtidos pelos pesquisadores até a década de 50 levou a mídia e a população a exagerar no potencial das redes neurais. O exagero excessivo do avanço da computação nessa época deixou um impacto cultural de certo medo da tecnologia, com a criação da série de Isaac Asimov sobre robôs, discutindo os efeitos filosóficos e morais humanos quando máquinas assumissem todo o trabalho da humanidade. Enquanto outros autores criaram personagens mais sinistros, como HAL, do filme *2001, Uma Odisseia no Espaço*. Todas essas predições acabaram por trazer decepções pela lentidão dos avanços no campo, principalmente pelas limitações eletrônicas da época, levando diversas vezes respeitadas a criticar o campo. Essas críticas trouxeram uma queda em financiamentos e pesquisas na área. Foi o início do chamado inverno da inteligência artificial (UMA BREVE..., [2018?]).

Mesmo após a cruzada de Minsky e Papert o desenvolvimento das redes neurais continuou, mesmo que de uma maneira mais silenciosa. Foi durante os anos 70, os anos silenciosos, que diversos pesquisadores como Amari, Fukushima, Grossber, Klopff e Gose fizeram grandes avanços nas áreas de processamento de sinais, reconhecimento de padrões e modelos biológicos, o foco principal dessa revisão. Sem o trabalho desses e outros autores, o campo das redes neurais não experienciaria a sua época de renascença (YADAV, YADAV, KUMAR 2015).

A partir da década de 80 houve uma cascata de eventos que trouxeram um renovado interesse para essa área. John Hopfield apresentou um documento abordando formas de não apenas modelar cérebros, mas também de criar dispositivos úteis. Foi com carisma, clareza e argumentação científica que o pesquisador mostrou o potencial existente na tecnologia (YADAV, YADAV, KUMAR, 2015). Em 1985, aconteceu a primeira Conferência Internacional sobre Redes Neurais do *Institute of Electrical and Electronic Engineer's*, atraindo mais de 1.800 participantes. Pesquisas feitas pelo departamento de psicologia da Universidade de Stanford apresentaram as, hoje muito utilizadas, redes de *backpropagation*, que distribuem seus erros em muitas camadas da rede. Elas são muito mais lentas na fase de aprendizado do

que seus predecessores, mas apresentam resultados muito mais precisos (UMA BREVE..., [2018?]).

Após o período de renovação das redes neurais, o avanço da tecnologia só não ocorreu de maneira mais rápida devido às limitações de hardware. Com máquina mais antigas, processos de aprendizado demoravam semanas para que fossem bem feitos, além do fato de que aplicar tais processos requeria uma grande mão de obra, que hoje em dia é desnecessária devido aos avanços em diversos ramos de tecnologia e da miniaturização (YADAV, YADAV, KUMAR, 2015).

### 3 FUNCIONAMENTO DAS REDES NEURAIS

É da natureza humana a característica de se fazer dominante perante aos outros animais e seres com os quais a humanidade conviveu e convive. Para tanto, sempre nos valem de criatividade e muitas vezes cópias de modelos biológicos para garantir uma melhor qualidade de vida, esta é a base do conceito de biomimética. A partir de modelos de aves que desenvolvemos os aviões modernos, é com base nas escamas de tubarões que são feitas superfícies plásticas antibacterianas, copiando tocas de roedores que são criados os melhores sistemas de ventilação, a disposição que garante a maior eficiência de turbinas de vento copia a maneira que cardumes de peixes nadam em oceano aberto (KOHLSTEDT, 2017). Não é de se surpreender então, que chega um momento que se começa a copiar a ferramenta mais complexa já criada pela natureza, o cérebro.

Foi o físico nuclear Edison M. Pugh (1977, p 70) que trouxe a frase: “Se o cérebro humano fosse tão simples que pudéssemos entendê-lo, seríamos tão simples que não o entenderíamos.”. A tentativa de programar uma máquina a pensar como se fosse uma criatura biológica é algo relativamente recente, com seus primórdios no período pós-guerra, quando as máquinas de cálculo passaram a ser mais sofisticadas, permitindo que neurônios pudessem ser mimificados de maneiras simples a partir da entrada de dados na busca da solução de problemas. A busca pelo avanço tecnológico de dois polos políticos opostos e avançados na área tecnológica trouxe imensos e rápidos avanços nos anos subsequentes a Segunda Guerra Mundial, trazendo novos métodos e tecnologias de importância tamanha que são a base da computação moderna.

Cérebros humanos e computadores operam de maneiras muito diferentes. A unidade básica de qualquer cérebro é o neurônio, que está ligado a diversos outros neurônios para receber informações através de seus dendritos e para passar informações através de seus terminais axônicos (KLEIN, 2015). Computadores operam com base em transistores, pequenos componentes eletrônicos que permitem a amplificação ou interrupção de sinais elétricos, formando um sistema de portas lógicas (PETZOLD, 2000). Essa diferença em conexões é o que faz computadores e cérebros agir de maneiras tão diferentes. Computadores recebem uma quantidade imensa de dados sem sentido (para eles) e a reorganizam de uma forma precisa e que foi ensinada (programada) anteriormente. Cérebros, por sua vez, aprendem lentamente, demorando meses ou até anos para dominar um raciocínio ou atividade complexa, porém são capazes de fazer razão de informações de maneiras novas, reconhecendo padrões e criando conexões inéditas. A ideia básica de uma rede neural é de simular células densamente

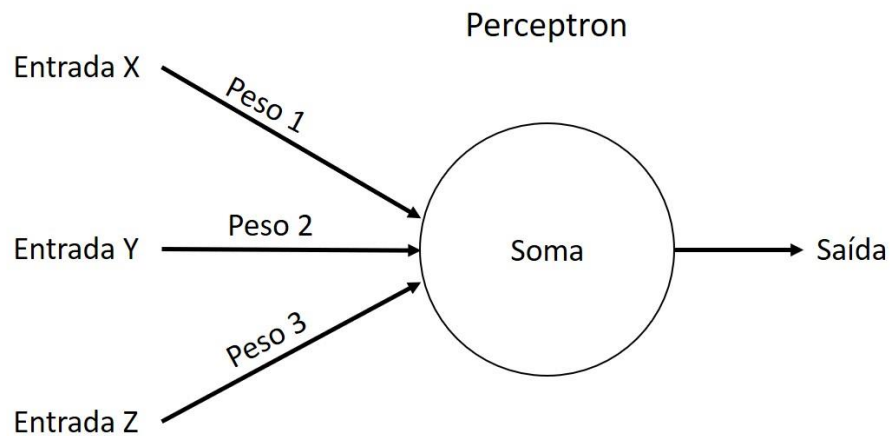
conectadas de uma maneira que o aprendizado seja possível pelo reconhecimento de padrões que levem a decisões concretas.

Para exemplificar esse conceito não precisamos ir muito além da própria visão humana. Ler e identificar letras e números é uma tarefa extremamente simples, crianças e até alguns animais conseguem fazê-lo com facilidade. Porém, o que é fácil para nós acaba por ser extremamente complicado para um computador, que precisa de instruções claras e precisas para operar corretamente. Como explicar que um 9 é a figura com um círculo em cima de um traço vertical? Tentar programar algo nesse nível é extremamente complexo. Redes neurais artificiais abordam esse problema de maneira diferente. A ideia é usar um vasto número de exemplos, a biblioteca de treinamento, para desenvolver um sistema que consiga aprender desses exemplos. Em outras palavras, o sistema usa esses exemplos para decidir quais regras são as melhores para desenvolver o sistema em questão. Quanto mais exemplos são dados, maior será a acurácia do sistema (NIELSEN, 2015).

Esse processo funciona com o uso de *perceptrons*, o “neurônio” da rede neural artificial. Essa é a estrutura básica que irá receber diferentes variáveis, modificá-las e passa-las adiante para outra estrutura igual ou semelhante até que a rede chegue ao seu fim. São usadas diferentes camadas de diferentes tipos de *perceptrons* para permitir que a rede neural aperfeiçoe seus cálculos e consiga resolver o problema em questão com base em uma biblioteca de treinamento que foi utilizada como modelo. As chamadas camadas ocultas são as redes de neurônios artificiais da qual o funcionamento é modificado pelo computador, assim temos uma grande rede que se comunica e modifica seus pesos e valores através de tentativa e erro para garantir que a tarefa seja realizada corretamente com a maior acurácia e precisão possível. A partir desse funcionamento, o programa passa a se especializar em realizar a tarefa em que foi dada. Porém, é importante ressaltar que somente com dados e informações de confiança e qualidade que teremos respostas com acurácia e precisão, já que o computador não irá julgar a qualidade dos dados inseridos (NIELSEN, 2015; PINTO, 2006; ASTION; WILDING, 1992; ROUSH *et al.*, 1996).

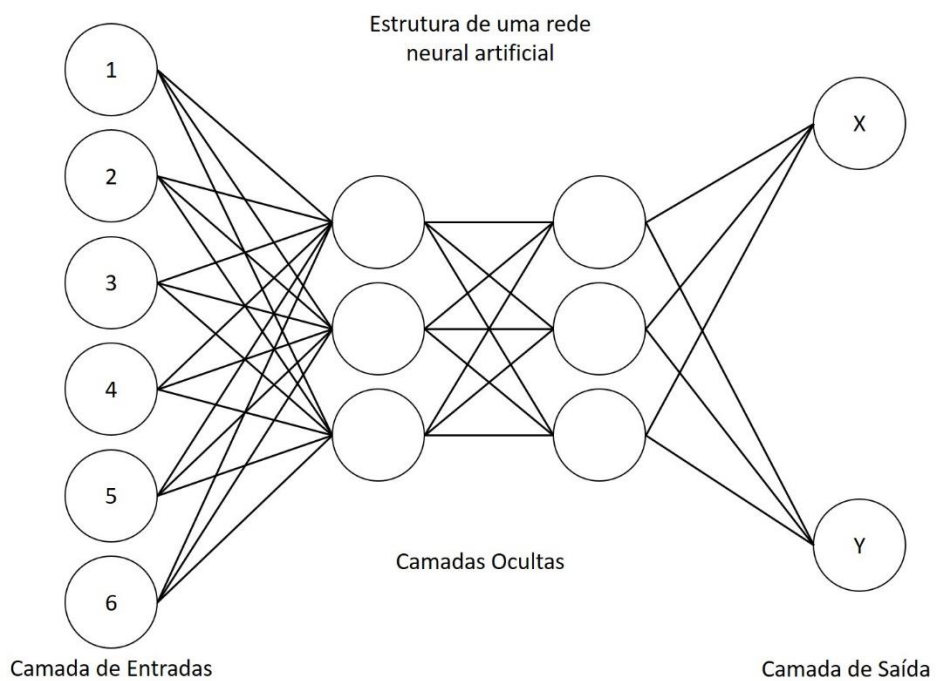


**Figura 1** - Imagem ilustrativa da estrutura de um *perceptron*



Fonte: o próprio autor

**Figura 2** - Exemplo de estrutura de múltiplos *perceptrons* formando uma rede neural artificial.



Fonte: o próprio autor

O funcionamento desses *softwares* de computador é algo complexo e longe do que o estudante e o profissional veterinário lidam no seu dia a dia. Para melhor exemplificar o funcionamento das redes neurais artificiais podemos imaginar a maneira que uma criança de dois anos aprende o que é um gato. Podemos mostrar para essa criança diversas imagens de diversos gatos para que ela entenda quais são as “regras”: duas orelhas, quatro patas, peludo, dois olhos, um nariz e um rabo. Quando mostrarmos para essa criança outras imagens, de um gato e de um pássaro, ela saberá diferenciar entre elas sem necessitar da ajuda de quem a ensinou. Redes neurais artificiais operam de maneira muito semelhante. É construída uma biblioteca de aprendizado, onde damos informações com começo, meio e fim para que o *software* “compreenda” os padrões envolvidos nesses dados. Durante a sua fase de treinamento, que dura de horas a dias, são aplicados pesos para as entradas e saídas de *perceptrons* e outras estruturas mais complexas. São as “regras” que a rede neural encontrou através da tentativa e erro para entender o funcionamento dos dados. Então passamos para a fase de validação dos dados, onde entregamos dados parciais e comparamos os resultados dados pelo *software* com os dados finais da realidade. Quando se considerar que a rede neural artificial está realizando um bom trabalho, podemos iniciar a sua aplicação no dia a dia. É importante realçar que são necessários dados em quantidade e qualidade para o correto processamento das informações. Não podemos utilizar duas linhas de dados ou dados que não façam sentido e esperar que as redes neurais compreendam o padrão, da mesma maneira que não podemos entregar uma foto de um gato e uma foto de um cavalo para a criança e esperar que ela entenda o que nos propusemos a ensiná-la.

## 4 REDES NEURAIIS NA AVICULTURA COMERCIAL

A utilização de redes neurais na avicultura comercial não é algo que traz muita surpresa. Uma vez que a indústria é extremamente intensa e gera uma quantidade enorme de dados, torna-se possível a construção de modelos matemáticos que permitem a previsão e explicação de diversas etapas e procedimentos dessa grande cadeia produtiva. As primeiras pesquisas que utilizaram redes neurais artificiais com foco nessa indústria foram realizadas pelo Centro de Diagnóstico e Pesquisa em Patologia Aviária (CDPA) e até hoje esse laboratório com sede na UFRGS é o líder em pesquisas sobre as diferentes aplicações dessa ferramenta. Esse capítulo tratará sobre as teses que foram feitas pelos diferentes pesquisadores que trabalharam com essa tecnologia no CDPA no final dos anos 90 e no início do novo milênio. Até o presente momento, não foram encontrados outros trabalhos que abordam a produção avícola com o uso de redes neurais como foi feito pelo laboratório da UFRGS, com exceção de três trabalhos, um realizado na Colômbia e outros dois nos Estados Unidos.

### 4.1 Pesquisas com *Escherichia coli*

A colibacilose é uma das mais comuns e importantes doenças na produção avícola. Sendo causada pela *Escherichia coli*, comum em tratos gastrointestinais da maioria das espécies animais. *E. coli*, é um dos principais agentes de toxinfecções alimentares em países desenvolvidos e causa milhares de mortes em crianças recém-nascidas em seu quadro clínico mais frequente, a gastroenterite. Nas aves, é geralmente considerada uma infecção secundária a outros agentes que abrem portas ao afetar o sistema imune, causando um quadro clínico extra intestinal. Devido aos sinais clínicos que causa e a grande diversidade gênica que o microrganismo possui, é uma doença que causa grandes impactos na avicultura no mundo inteiro, inclusive no Brasil, terceiro maior produtor e maior exportador de carne de frango no mundo. Devido ao uso exagerado e contínuo de antimicrobianos como aditivos melhoradores de desempenho, diversas cepas de *E. coli* apresentam hoje resistência adquirida a medicamentos, sendo isoladas e identificadas em suínos, bovinos e aves. Hoje as chamadas APEC (*Escherichia coli* Patogênica para Aves) trazem grandes prejuízos para a avicultura comercial (JUNIOR, 2000; CAMARGO, 2015).

É uma bactéria amplamente estudada, ao ponto de ser o organismo procariota mais estudado e uma espécie de extrema importância nos campos de microbiologia e biotecnologia, já que sua reprodução é extremamente simples e rápida. Dada a sua importância nos campos de saúde

humana e animal, especialmente em aves domésticas, não é de se surpreender que o CDPA realizou extensas pesquisas a respeito dessa bactéria e a possível aplicação de redes neurais artificiais no diagnóstico e prevenção das diversas enfermidades causadas por ela. A seguir são apresentadas as diferentes teses e dissertações realizadas entre 2006 e 2013. O tema continua sendo investigado até hoje.

Durante os extensos trabalhos realizados com *E. coli*, foi descoberta a imensa variedade gênica que essa bactéria demonstra, o que a caracteriza por apresentar cepas de virulência variada e características distintas. Para a sua categorização, já foram utilizados modelos animais vivos, com o uso de pintos de um dia de idade. Com esse modelo, os impactos das lesões e a mortalidade da cepa eram avaliados para caracterizar a cepa bacteriana em um nível de patogenicidade entre um e dez (SOUZA, 2006)

No trabalho realizado por Rocha (2006), os pesquisadores buscaram usar as redes neurais para prever o índice de patogenicidade das amostras obtidas de *E. coli* a partir da presença ou ausência de genes específicos, motilidade e origem das amostras. Com o uso de 293 amostras de 73 diferentes propriedades, o grupo realizou exames de reação em cadeia da polimerase (PCR) para obtenção de informações referentes aos genes de virulência e criou 3 diferentes redes neurais para que o computador tentasse prever qual o correto índice de patogenicidade das diferentes amostras. A primeira rede neural elaborada apresentou dificuldades em suas previsões pelo fato de ter 11 categorias como possíveis resultados, obtendo apenas 54,27% de acerto. Ao reduzir para somente 3 categorias como possíveis resultados, a acurácia da rede aumentou para 80,55% e quando haviam somente 2 categorias a acurácia chegou a 83,96%.

Os resultados alcançados demonstram que é possível obter classificações dos índices de patogenicidade de *E. coli* com acurácia de acima de 80% com o uso de métodos mais rápidos, simples e sem a necessidade do uso de animais para experimentação, prática comum e que levanta diversos questionamentos éticos e morais. Nesse caso é necessário a realização de diversos exames de PCR, mas mesmo assim é uma maneira de ter uma noção de qual tipo de bactéria está sendo enfrentada a campo. Os resultados de classificação de amostras nesse grau de confiabilidade trazem ao veterinário de campo uma ferramenta muito mais interessante e rápida para a correta tomada de decisão do que o normal, informações referentes à patogenicidade e eventualmente, um antibiograma. Com essas informações o veterinário e produtor conseguem melhor prever o curso que essa comum doença terá e suas melhores vias de ação (ROCHA, 2006). Porém, devemos ressaltar que mesmo com acurácias altas de 83,96%, deixamos 16,04% de erros de diagnóstico. Esse valor pode não ser tão alto, mas uma vez que empresas e produtores buscam por soluções rápidas e baratas como diagnósticos

computadorizados, cepas *E. coli* de alta patogenicidade podem acabar por serem consideradas de baixa patogenicidade. E ao considerarmos os tamanhos de algumas propriedades e a importância que essas produções tem nas rendas familiares, podemos estar falando em falência de diversas famílias devido a erros nessas redes neurais. Para que possamos usar essa ferramenta devemos ou aliar outros métodos de diagnóstico ou aumentar a sua acurácia para níveis próximos de 100%. Para chegar num valor tão alto com o uso dessa tecnologia seria necessário aumentar a biblioteca de treinamento, uma das maiores dificuldades na implementação dessa tecnologia na clínica.

Seguindo a mesma linha de pesquisa com *E. coli*, Salle (2009) classificou amostras dessa bactéria quanto à origem, motilidade da amostra, lesões causadas, índice de patogenicidade, genes presentes, resistência a antimicrobianos e comportamento bioquímico. Para a primeira etapa de sua tese, as 246 amostras foram estudadas quanto à resistência a 14 diferentes antimicrobianos. Os resultados demonstraram multirresistência de todas as amostras com amplitude de resistência entre 1,63% e 92,68% com média de 24,68%. As redes neurais foram utilizadas primeiramente na segunda etapa de sua pesquisa, ao classificar a resistência de antimicrobianos da pesquisa anterior junto com outras variáveis que foram mencionadas anteriormente. Ao cruzar esses dados na plataforma em questão, os pesquisadores propuseram-se a analisar a resistência aos antimicrobianos a partir dos dados coletados previamente ao estudo das resistências em si. Com algumas das amostras as redes foram capazes de prever as classificações com 100% de certeza com o uso de apenas quatro entradas de dados, como foi no caso da amoxicilina que só precisou dos dados referentes ao índice de patogenicidade, motilidade das amostras, genes associados à patogenicidade e comportamento bioquímico. As demais amostras necessitaram de mais informações como as lesões em pintos de um dia de idade e origem das amostras. As classificações corretas apresentaram uma amplitude de 90,24% a 100%, a sensibilidade de tais classificações foi de 84% a 100% e a especificidade variou entre 81% a 100%. As redes neurais desenvolvidas demonstraram ser uma excelente ferramenta para prever o comportamento de uma amostra bacteriana frente a antibióticos.

Nesse caso, a ferramenta das redes neurais se prova muito eficiente, mas de pouca utilidade, uma vez que se necessita de testes bioquímicos, biomoleculares e com criaturas vivas (o que levanta questões éticas) para chegar a conclusões idênticas àquelas obtidas através de outro teste bioquímico que é de relativa simplicidade quando comparado aos que foram realizados. Assim podemos ver mais uma aplicação da rede neural que comprova a infinidade de variáveis que podem ser analisadas e os resultados que uma mente humana jamais conseguiria chegar com a velocidade e certeza de um computador. Trabalhos semelhantes

foram realizados na mesma pesquisa com o intuito de prever o comportamento bioquímico e a patogenicidade, ambos atingindo resultados tão bons quantos (SALLE, 2009)

Em 2010, Guilherme Souza realizou uma tese com o objetivo de “[...] gerar novos elementos para o maior entendimento da patogenicidade da *E. coli*, traçando uma nova metodologia de classificação [...]”. Para tanto foram considerados além do número de animais mortos, o tempo de morte e a capacidade da cepa de causar lesões em pintos de um dia de vida. Diversas análises e cálculos foram feitos após inoculação em pintos de um dia com o objetivo de aliar todas as informações em redes neurais e tentar prever os resultados obtidos após aprendizado das máquinas. Sete valores de entrada referentes aos genes de virulência foram usados e apenas 3 categorias de saída para garantir bons valores de predição, uma vez que essas redes – assim como cérebros biológicos – tem mais facilidade de perceber extremos, como comprovou o trabalho anterior de Rocha (2006). A equipe se mostrou capaz de prever o comportamento das bactérias estudadas com o uso de *softwares* de inteligência artificial, atingindo valores máximo de 90,34% de acerto (SOUZA, 2010).

Para classificar diferentes cepas de *E. coli* quanto à resistência a 14 diferentes antimicrobianos, Daniela Tonini da Rocha e colegas do CDPA construíram redes neurais com esse propósito. Como valores de entrada, seguindo o trabalho de Salle (2009), foram utilizadas as lesões induzidas em pintos de um dia de idade, os índices de patogenicidade, a caracterização de 38 genes associados à patogenicidade, o bioquimismo, a origem das amostras e a motilidade de 256 diferentes amostras isoladas. O comportamento das cepas frente aos diferentes antimicrobianos foram utilizadas como variáveis de saída. As classificações corretas por parte do *software* tiveram uma amplitude de 74,22% a 98,44%, ficando acima de 80% para a maioria dos antimicrobianos, com somente 3 apresentando valores menores. Os valores de sensibilidade variaram muito, com valores entre 0 e 100% para bactérias intermediárias e sensíveis, demonstrando que há uma independência da presença dos genes que conferem resistência à bactéria e a expressão do mesmo, que a faz ser patogênica. Mesmo com essa grande variação, a equipe foi capaz de gerar redes neurais capazes de prever qual antimicrobiano deve ser administrado no tratamento contra as 256 amostras utilizadas de *E. coli* após um simples teste de Reação em Cadeia de Polimerase (PCR) para descobrir quais genes a amostra possui. Mesmo que o laboratorista tenha recebido amostras com informações insuficientes e consideradas necessárias para a correta análise, o uso dessa ferramenta permite o correto diagnóstico com menos dados (ROCHA, 2012).

Dando seguimento as pesquisas com índices de patogenicidade, Tejkowski (2013) e pesquisadores do CDPA se propuseram a utilizar redes neurais com a ideia de prever a

patogenicidade de amostras de *E. coli* Patogênicas Aviárias, um dos principais patógenos de doenças extra-intestinais em aves (MONTASSIER, 2000). Para o treinamento das redes neurais, foram inseridas todas as 489 amostras na construção da primeira rede neural e 308 amostras para a construção da segunda rede, 28 amostras por índice de patogenicidade. Como informações de entrada foram calculadas a presença ou ausência de 38 diferentes genes de virulência e a motilidade das amostras. Como camada de saída havia um índice de um a dez referente ao índice de patogenicidade comumente utilizado. Após treinamento das redes, ambas foram capazes de classificar corretamente 91,62% e 99,03% das amostras, apresentaram sensibilidade de 81,54% e 100% e especificidade de 97,15% e 99,64%, respectivamente (TEJKOWSKI, 2013).

Esses trabalhos demonstram de maneira clara e simples sobre como os tempos de uso de animais em testes rotineiros de laboratórios estão chegando ao fim. Conforme a tecnologia avança e conseguimos simular resultados tão bons quanto os atingidos com o uso de animais, não há mais por que sacrificá-los rotineiramente. Agora começa uma fase de discussão conforme essa tecnologia é adotada e utilizada por diferentes laboratórios no Brasil e no mundo (ressaltando que é uma tecnologia de fácil adoção e simples utilização) e dos conselhos de ética de deixar de permitir o uso de animais recém nascidos em testes que podem ser facilmente substituídos e com resultados tão bons quanto os obtidos por computadores treinados.

Todas as pesquisas realizadas pelo CDPA com o enfoque *E. coli* trouxeram bons avanços na área de diagnóstico ao facilitarem e desmistificarem o uso de uma ótima ferramenta facilmente implementável. Com o uso de redes neurais, podemos obter resultados mais direcionados ao usar dados de empresas e regiões em questão, mais rápidos uma vez que não é necessário esperar dias para análises bioquímicas e mais éticos ao reduzir o uso de animais. Além disso essa ferramenta tem o benefício de melhorar os seus resultados conforme ela aperfeiçoa o seu modelo matemático. Porém, deve ser ressaltado que, na sanidade avícola, o número de amostras é uma barreira para a implantação desta metodologia.

## **4.2 Pesquisas na produção avícola**

A produção de aves é um aspecto chave na economia do Brasil. Segundo o relatório anual publicado pela Associação Brasileira de Proteína Animal, em 2017 a produção brasileira de carne de frango atingiu 13,05 milhões de toneladas, sendo destinada primariamente para o mercado interno e um terço para exportações. Com um alto consumo per capita de 42,07 kg/hab ano de carne de frango, o Brasil conciliou-se como segundo maior produtor da proteína no

mundo e maior exportador, superando os Estado Unidos nesse aspecto. As exportações de produtos avícolas injetam uma quantidade de capital extremamente necessária para o país e criam milhões de empregos formais nessa indústria que emprega pessoas das mais diferentes classes e formações em diversas etapas da produção e em diversos estados do país. Sem a produção de proteína animal, o Brasil certamente não teria o capital político que tem ao ser considerado um grande *player* mundial no mercado de *commodities* (ABPA, 2018).

A avicultura também desempenha um aspecto social de extrema importância ao permitir que pequenas propriedades familiares tenham uma renda e trabalhos honestos e de qualidade, evitando o êxodo rural e a dissociação de comunidades interioranas. É comum que o pequeno produtor se associe em formas de integradoras ou cooperativas, fortalecendo a capacidade de negociação do setor e garantindo que ele tenha acesso à capital de giro, assistência técnica, garantia de comercialização, tecnologias internacionais e práticas modernas. Todo o crescimento e organização que a avicultura presenciou no século 20 garantiu que a produção ocorra de forma extremamente eficiente, tendo seus alicerces na informática e nutrição avançadas, sendo considerada a atividade pecuária mais desenvolvida no Brasil (REALI, 2004).

Essa quantidade imensa de dados que é obtida por parte das grandes empresas acaba por ser usada para tomada de decisões a partir de critérios subjetivos, como simples análises de gráficos e experiências empíricas, enquanto outros se baseiam em modelos científicos com resultados estatísticos e repetibilidade esperada. O trabalho realizado por Reali (2004) teve por objetivo trazer uma terceira forma de analisar os dados gerados em propriedades de criação de aves. Ele e a equipe do CDPA criaram redes neurais capazes de explicar os fenômenos ocorrentes na produção de frangos de corte a partir de dados levantados de produtores de uma integração gaúcha (REALI, 2004).

Para a criação e treinamento das redes neurais foram selecionados 1.000 criadores do banco de dados fornecidos pela integradora, os 1.405 dados restantes de criadores foram utilizados como teste para se analisar a eficácia da rede produzida no processo de validação dos dados. Foram analisadas 20 variáveis pelas redes, como ganho de peso diário, quilogramas de frango produzidos, quantidade de ração consumida, peso médio e custo total, gerando 20 diferentes redes neurais artificiais. Os resultados obtidos com essa grande biblioteca de treinamento e quantidade de variáveis gerou redes com capacidade de acertos próximas aos 99% e erros mínimos quando analisadas com os 1.405 produtores não utilizados na fase de treinamento e que serviram de validação dos modelos gerados (REALI, 2004).

Considerando a cadeia produtiva e o nível de intensificação atingido por parte do trabalho de técnicos de áreas de medicina, tecnologia, genética e nutrição, o fato de se criar uma



ferramenta capaz de analisar e prever é um avanço incrível para a cadeia. Com esses dados, um produtor tem a oportunidade de se organizar e intensificar ainda mais a sua produção, enquanto consegue aumentar o seu rendimento, reduzir os seus custos ao evitar desperdícios e melhor planejar tanto a economia da sua produção quanto a economia doméstica. Porém, temos de lembrar que o trabalho foi realizado utilizando dados de somente uma integradora, de uma forma que se a mesma rede neural fosse utilizada com produtores de outra empresa ou até de outro estado, poderíamos não obter resultados tão bons. Aí vemos a importância e o peso que existe na biblioteca de treinamento e da qualidade, não necessariamente da quantidade dos dados alimentados.

A vida de qualquer galináceo com finalidade industrial para a alimentação humana inicia em incubatórios. Esses locais são reconhecidos por serem extremamente limpos, automatizados e com controles avançados de temperatura e umidade, já que se sabe a importância que essas salas tem no controle de diversas doenças. Quando há problemas no incubatório as repercussões podem ser a níveis regionais ou até nacionais, dependendo da doença e da gravidade da situação em questão. Com isso em mente, pesquisadores do CDPA levantaram a possibilidade de usar redes neurais para prever o comportamento produtivo dessa importante etapa da cadeia avícola.

Para a pesquisa foram selecionados dados históricos referentes à incubatórios de uma integradora avícola dos anos de 1999 até 2003 (SALLE, 2005). Com um total de mais de 137.000 linhas de registros e dados de 83 diferentes lotes de reprodutores criados no período de 1995 a 2002 foi possível criar redes neurais capazes de prever o comportamento de tal incubatório quanto as variações no seu funcionamento e operação. Para o treinamento das redes foram utilizados três diferentes bancos de dados para a construção de seis modelos para as variáveis de saída denominadas: Ovos Incubáveis, Percentagem De Ovos Incubáveis, Ovos Incubados, Percentagem de Ovos Incubados, Pintos Nascidos, Pintos Aproveitáveis. Com os dados dos anos próprios e subsequentes, os dados foram testados validados, reforçando que os testes e validações são realizados com valores que as redes neurais desconhecem, elas só conhecem os dados apresentados na sua biblioteca de treinamento.

Os pesquisadores conseguiram provar que é possível explicar eventos próprios que envolvem um incubatório avícola a partir de redes neurais e inteligência artificial, podendo ser aplicada para o gerenciamento de reprodutoras pesadas e de frangos de corte, realizando previsões, simulações e medindo contribuições de variáveis. Como todos os outros trabalhos que envolvem a tecnologia das redes neurais, uma biblioteca de aprendizado de qualidade é o que garante que os resultados sejam condizentes com a realidade. Nesse caso com o lote de

maior número a acurácia da rede foi de 100%, enquanto nos outros lotes os resultados foram menos precisos. Isso era de se esperar, uma vez que essas empresas tendem a eleger uma linhagem principal e, conseqüentemente, ter mais dados a respeito dela. O trabalho demonstrou que a utilização dessa tecnologia é algo facilmente realizado e que traz resultados extremamente confiáveis. Uma vez que são poucos os produtores de ovos, ao contrário do alto número de pessoas que os recebem para posterior criação, essa tecnologia será muito bem recebida nessas empresas que utilizam pessoal qualificado e com entendimento dos processos utilizados para a tomada de decisão.

Seguindo a linha do uso dessa tecnologia para prever resultados em pontos chaves da avicultura, foi utilizada uma série histórica de quatro diferentes etapas de produção avícola: reprodutoras pesadas, incubatório, produção de frangos de corte e um abatedouro de corte pertencente a uma integrador avícola do Rio Grande do Sul, no período de junho de 2009 a janeiro de 2010. O trabalho de Spohr (2011) analisou 40 fatores que são relevantes para as diferentes etapas da produção avícola de 27 produtores de matrizes de frango de corte, um incubatório e 147 produtores de frango de corte. Foram analisadas, desde a origem do nascedouro no incubatório, passando por valores de fertilidade até fatores referentes ao abate da ave (Anexo 1).

Para a criação das diferentes redes neurais foram utilizados 50% das linhas de registro obtidas da integradora para a compilação da biblioteca de aprendizado. Com o uso da outra metade dos dados, as redes foram testadas e validadas, demonstrando a capacidade de predizer com altos índices de certeza os dados que foram obtidos na realidade. Esse e todos os trabalhos retratados anteriormente demonstram como essa tecnologia tem espaço para ser aplicada e explorada em sistemas de produção com alto fluxo de dados e com alto controle por parte do pessoal envolvido. A capacidade de predizer e tomar decisões traz benefícios a todos os envolvidos nos mais diferentes elos da cadeia produtiva, pois nos permite minimizar gastos e melhor planejar quantidades necessárias dos mais diferentes processos, como quantidade de ovos a serem incubados, ração a ser comprada, adsorventes a serem adicionados nas rações, dentre diversas outras informações que hoje são obtidas através de dados históricos e do conhecimento empírico.

Reprodutoras pesadas são as aves conhecidas por fazer a postura de ovos que ao eclodirem, produzirão as futuras aves destinadas à produção e comercialização de carne. Assim como as outras etapas do ciclo produtivo protagonizado pelas aves destinadas ao corte e à postura, a fase das reprodutoras pesadas permite uma coleta de dados consistentes, e conseqüentemente, a utilização de redes neurais para a predição dos acontecimentos futuros.

Anteriormente, Guahyba (2001) realizou um trabalho demonstrando exatamente isso com diversos outros pesquisadores do CDPA. Para tanto foram utilizados os registros de 11 diferentes lotes de recria de um período de dois anos, entre 1997 e 1999. Numa segunda parte, foram utilizados dados de 21 lotes em produção dos anos de 1998 e 1999. Esses dados foram analisados por diferentes redes neurais após extensa correção e exclusão de dados de baixa confiabilidade, fosse por erro humano no momento de anotação ou transferência dos dados para o meio digital ou por falta de anotação de dados considerados desimportantes. Sem dados confiáveis, as redes tendem a dar resultados de baixa acurácia e de pouco interesse para os pesquisadores ou empresa responsáveis. A equipe foi capaz de explicar os parâmetros de desempenho de reprodutoras pesadas com a tecnologia das redes neurais artificiais. Os modelos gerados conseguiram informar diversos valores de alto interesse para as empresas, como mortalidade acumulada, quantidade de ração necessária, pesos futuros, dentre outros.

Não é somente na indústria avícola que conseguimos aplicar redes neurais de maneira relativamente simples. A indústria de produção suína é semelhante à aviária no sentido de que há uma grande intensificação de todos os aspectos da produção, trazendo consigo uma grande quantidade de dados passíveis de previsão por máquinas treinadas. Pinto (2006) realizou o único trabalho feito pela equipe do CDPA que focou em uma indústria além da estudada em outros trabalhos. Embora não tenha sido o foco principal da pesquisa, um abatedouro suíno foi estudado em conjunto com dois abatedouros de aves para a construção de modelos semelhantes aos explicados em trabalhos anteriores. Toda a coleta de dados e a construção dos modelos seguiram a metodologia de trabalhos citados anteriormente, com a obtenção dos dados das empresas, construção das redes com variáveis de entrada e de saída e, por fim, a validação dos dados na tentativa de explicar os fenômenos do dia-a-dia das empresas. Foram criadas no total 8 diferentes redes neurais, uma para cada dado trabalhado com diversas variáveis de entrada. Assim como em outras pesquisas, foi necessário um cuidado no momento de inserir os dados nos programas, uma vez que muitos deles estavam incompletos ou incondizentes com a realidade. A pesquisa em questão foi capaz de prever com alta confiabilidade diversos acontecimentos e dados para ambos segmentos de aves e suínos, como peso vivo de suínos, quebra de resfriamento em carcaças suínas, condenações por falha operacional, teste de absorção de carcaças, dentre outros (PINTO, 2006)

Um dos artigos que aborda o tema de redes neurais artificiais na avicultura comercial fora dos artigos e teses produzidos na UFRGS é apresentado a seguir. A pesquisa em questão foi realizada por um aluno de mestrado da Universidad de Antioquia, em Medellín, Colômbia. As redes neurais não foram o enfoque do trabalho em si, como foi nas pesquisas feitas na

UFRGS, mas uma parte da pesquisa com objetivo de modelar curvas de crescimento de galinhas da raça Lohmann LSL utilizando os modelos matemáticos de redes neurais artificiais, modelos não lineares e modelos não lineares mistos. Foram pesadas 33 diferentes aves entre os dias 21 e 196 de vida, obtendo um total de 558 registros individuais que foram alimentados para os três modelos testados. As três diferentes formas de prever e calcular os resultados prováveis obtiveram sucesso nas suas previsões. Os modelos não lineares mistos atingiram resultados de 99,9% de acerto, as redes neurais artificiais 99,0% e os modelos não lineares atingiram valores de 98,6% de acurácia. Essa pesquisa demonstra que existem outros métodos de previsão além das redes neurais, além de exemplificar que os seus valores atingidos são de qualidade tão boa quanto outras possibilidades existentes na pesquisa e no mercado (GALEANO-VASCO, 2013).

Outra pesquisa fora das realizadas pelos pesquisadores da UFGRS foi realizada na Universidade de Delaware, Newark, DE. Pesquisadores de diversos departamentos ligados a recursos biológicos e economia de alimentos utilizaram redes neurais artificiais para analisar e aperfeiçoar sistemas mecânicos de apanha de aves, muito utilizados em países desenvolvidos onde a mão de obra é cara e as criações de aves não operam em sistemas familiares, como no Brasil. O sistema analisado opera na Península de Delmarva, localizada na Costa Leste americana, e foi observado em 11 diferentes situações entre janeiro e junho de 2002. Com informações a respeito do tamanho dos galpões, número de máquinas, tempo de apanha, tempo de preparação, tempo de movimento e tempo inativo, foram criadas redes neurais na tentativa de reduzir o tempo total do processo. O trabalho concluiu que mudanças nos parâmetros das máquinas utilizadas não seriam de grande utilidade para um aumento da velocidade do processo como um todo. Mudanças na largura e comprimento dos galpões foram as únicas variáveis que alterariam de maneira significativa o tempo do processo, o que não traz melhorias nos resultados imediatamente, mas levanta uma nova questão no momento de construir galpões (JAISWAL, 2005).

O último trabalho encontrado que aborda as redes neurais artificiais na avicultura é mais antigo, tendo sido publicado em 1997, o que demonstra que essa tecnologia já é aplicada na cadeia desde os anos 90. Em países com mão de obra mais cara é incomum que haja muitos trabalhadores humanos em abatedouros frigoríficos, como é comum em países em desenvolvimento. Em seus lugares são encontrados robôs e máquinas que substituem o trabalho humano até um ponto, mas encontram diversas dificuldades em tarefas subjetivas. Uma delas é a diferenciação entre carcaças consideradas boas e ruins para a indústria. Pesquisadores do USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) desenvolveram uma técnica capaz de realizar essa diferenciação através da combinação de análise de imagens e redes neurais

artificiais. Através das características espectrais os pesquisadores foram capazes de criar redes neurais com classificações corretas de 100% nos testes e de 93,3% no momento de validação delas. O *software* foi capaz de diferenciar carcaças condenáveis por ascite, saculite, traumas, cadavéricas, leucóticas, septicêmicas e tumorais. Isso demonstra como essa tecnologia já é trabalhada desde a década retrasada e aplicável na cadeia produtiva. (PARK, 1997).

É importante ressaltar que todas as redes neurais artificiais que avaliaram históricos e parâmetros de empresas não terão utilidade fora delas. A tecnologia da rede neural tem a característica de ser extremamente focada na biblioteca de aprendizado que lhe foi apresentada, não operando com resultados ótimos no momento que os dados inseridos não forem semelhantes aos da biblioteca. Isso pode ser visto como um problema, já que é necessário um certo trabalho para a criação das redes, o que acaba afastando profissionais que desconsideram ferramentas das quais não tem conhecimento nem prática. Porém, isso traz um diferencial para aqueles que se derem ao trabalho de aprender a usar os programas disponíveis e criar boas bibliotecas de aprendizado. Essa é uma ferramenta nova, avançada e de muita utilidade para sistemas tecnificados e intensivos como os encontrados na avicultura comercial e em outras etapas produtivas de diferentes criações animais. Que fique claro que assim como não é necessário ter conhecimento de todos os detalhes do funcionamento de um carro para dirigi-lo bem, não é necessário saber como operam as camadas ocultas, *perceptrons* e pesos que são modificados para criar e gerir uma ótima rede neural artificial.

### **4.3 OUTRAS APLICAÇÕES NA AVICULTURA COMERCIAL**

Uma das grandes dificuldades enfrentadas na história da computação é a análise de imagens. Já foi comentado anteriormente sobre as dificuldades de elaborar um *software* capaz de replicar o órgão da visão encontrado no reino *Animalia*. Devido a essa circunstância a maior parte dos diagnósticos e pesquisas que envolvem a visualização e análise de lâminas histopatológicas são complexas, já que ficam à mercê da parcialidade humana, como observado quando o mesmo pesquisador analisa a mesma lâmina em dois momentos distintos e obtém resultados diferentes. As redes neurais são uma maneira possível de ensinar um computador a analisar imagens. Para tanto é normalmente necessária uma biblioteca de ensino maior do que a usada com dados alfanuméricos e uma maneira menos subjetiva de análise de imagens do que a forma usada pelo cérebro orgânico.

Doenças imunodepressoras constituem um dos mais sérios problemas para o correto desempenho da avicultura moderna, trazendo grandes prejuízos econômicos e para o bem-estar dos animais envolvidos (MONTASSIER, 2000). Diversas doenças imunodepressoras afetam diretamente o órgão chamado de Bursa de Fabricius, responsável pela maturação dos linfócitos B, prejudicando a complexa rede de interações entre as células imunocompetentes e auxiliares, bem como das citocinas e interleucinas produzidas por elas (MONTASSIER, 2000). Uma das formas de análise *post-mortem* de lesões nesse órgão é com o uso de lâminas histopatológicas e a determinação da depleção linfocitária da Bursa. Essa análise é feita por profissionais treinados, mas ela é passível de erros e diagnósticos distintos por diferentes profissionais e pelo mesmo profissional em momentos alternados. Para contornar esse problema e criar uma plataforma de análise de depleção linfocitária, um grupo de pesquisadores do CDPA criaram uma rede neural capaz de analisar imagens obtidas de lâminas histopatológicas (MORAES, 2008).

Para a obtenção das imagens utilizadas na criação das redes, amostras intactas de uma pesquisa anterior foram fixadas e cortadas de forma a obter a maior área de observação na lâmina histopatológica. Essas lâminas foram avaliadas pelo método convencional, óptico, quanto ao grau de depleção linfocitária e receberam escores de depleção linfocitárias de forma aleatória e em três dias distintos, seguindo a literatura existente. Computadores não conseguem operar diretamente com imagens; para fazê-lo é necessário transformar a figura em dados alfanuméricos passíveis de análise e aprendizado. Nessa pesquisa, dez amostras de cada escore de depleção foram selecionadas, fotografadas e processadas em um programa capaz de conferir valores numéricos dos *pixels* em uma escala de cinza pós seleção manual do folículo em questão. Após treinamento das redes, foi possível afirmar que a análise digital das imagens com posterior utilização de redes neurais é algo plenamente aplicável à rotina laboratorial pela extrema agilidade e treinamento simples. O programa mostrou certa dificuldade em dar valores corretos em escores médios e altos (entre dois, três e cinco), mas isso também é comum em histopatologistas treinados, pois salvo o extremo do grau cinco, os graus dois, três e quatro apresentam características similares ao grau de depleção. Tal pesquisa criou redes capazes de classificar corretamente com alta sensibilidade, de 89,81% e especificidade de até 96,17 a maioria dos folículos, com valores mínimos de 79,39% de sensibilidade e 91,94% de especificidade (MORAES, 2008)

Esse trabalho é um dos muitos que comprova a capacidade que computadores podem ter de corretamente analisar imagens subjetivas, desde que corretamente programados e treinados para tanto. O benefício de destinar tais tarefas às máquinas é, além de agilizar o processo, garantir a menor subjetividade possível em análises caracterizadas pela alta

repetibilidade, como as laboratoriais. Mesmo com uma pequena biblioteca de ensino, a equipe obteve valores altos de especificidade e sensibilidade. Com uma biblioteca maior, é possível afirmar que a rede teria mais exatidão em caracterizar as lâminas, mesmo nos graus intermediários, onde a maior quantidade de erros foi encontrada. Fica o questionamento de até onde podemos mecanizar a análise visual como foi feito nessa pesquisa, pois essa análise ainda é feita de maneira rotineira e por profissionais que passam décadas aperfeiçoando a sua capacidade de corretamente exercer essas tarefas. Também devemos ressaltar que essa ferramenta não traz necessariamente o fim do laboratorista, como muitos levam a crer ao saber dos avanços feitos nessas áreas. Como a maioria das ferramentas que adentraram aos laboratórios das mais diversas áreas, essa é mais uma que se corretamente utilizada pelos veterinários, biomédicos, biólogos, médicos e farmacêuticos, trará somente mais certeza e repetibilidade a suas rotinas, não o fim delas.

Todas essas pesquisas demonstram diferentes formas de uso da ferramenta das redes neurais artificiais para o aperfeiçoamento das tarefas já feitas, explicação de fenômenos, melhorias em protocolos e análise de dados. Essa ferramenta não é cara nem de uso complexo, basta que os profissionais tomem interesse e aprendam a utilizá-la da melhor maneira possível, seja seguindo a literatura existente ou criando novas maneiras. Dessa forma, aumentamos o processo de intensificação da produção animal, melhoria nos aspectos de bem-estar animal, aumento na quantidade e qualidade das informações acessíveis e melhores resultados para todos envolvidos na cadeia. Todos trabalhos relatados trazem grandes melhorias através de processos simples com o uso de uma ferramenta, que ao contrário do que muitos pensam, não é algo do futuro, mas sim do presente.

## 5 REDES NEURAIAS NA MEDICINA VETERINÁRIA

Não é somente em estudos de aspectos produtivos sobre sistemas intensivos que as redes neurais podem ser aplicadas. A utilização das redes neurais ainda está sendo estudada, uma vez que é um campo novo e seus limites ainda são desconhecidos. A seguir são apresentados diversos trabalhos de diferentes linhas de pesquisa de diversos centros de pesquisa no mundo que utilizaram redes neurais artificiais de variadas maneiras ligadas diretamente ao trabalho do médico veterinário. Essas ferramentas procuram prever e explicar fenômenos como os apresentados anteriormente, mas outras utilizam dessa tecnologia para melhorar e aperfeiçoar trabalhos mecânicos com aspectos mais subjetivos, como a análise de imagens.

Os avanços genéticos obtidos em diversas espécies de animais domésticos e muitos dos esforços para a conservação de animais silvestres necessitam de boas práticas e tecnologia no campo de inseminação artificial. Segundo Barbosa (2008), a importância da inseminação artificial para países produtores de proteína animal é indiscutível. A possibilidade de trazer genéticas de outros países e raças para complementar ou modificar a produção local é o que permitiu que as produções de suínos e aves tenham chegado nos níveis atuais e o que traz os melhoramentos para as produções bovinas em todos os diferentes climas em que são criadas. Uma das maiores dificuldades enfrentadas na história da inseminação artificial é a conservação do sêmen utilizado. Por ser uma célula muito sensível e por enfrentar condições desfavoráveis e distintas das enfrentadas durante todo o processo evolutivo, o transporte, estudo e conservação desse material acaba por ser um dos maiores empecilhos da indústria.

Uma técnica comumente utilizada para a análise de sêmen é a observação e classificação dos espermatozoides quanto à motilidade, concentração e defeitos celulares. Com o avanço de técnicas computadorizadas é comum utilizar aparelhos que calculam motilidade e concentração com o uso de câmeras e *softwares*, agilizando o trabalho de técnicos do campo. Porém, a análise de imagens é uma das maiores dificuldades enfrentadas por programadores e profissionais da área da computação como mencionado anteriormente, dificultando a criação de técnicas que permitam analisar pequenas mudanças nas pequenas células que são os espermatozoides. Foi com isso em mente que Rodríguez (2008) e alunos da Universidade de León trabalharam com pesquisadores da Faculdade de Veterinária para criar redes neurais capazes de analisar imagens de espermatozoides danificados.

Para a biblioteca de aprendizado da rede neural em questão, foram utilizadas 393 imagens de espermatozoides de javalis que foram decompostas em 20 características que foram analisadas pelo *software*. Assim, os pesquisadores propuseram-se a criar um *software* que



fornece uma resposta qualitativa e quantitativa quanto à qualidade do sêmen, algo necessário para trabalhadores que usam essas técnicas. Com o uso dessa pequena biblioteca foi atingido resultados que garantem erros de 3% e que conseguem diferenciar amostras com menos de 20% de espermatozoides danificados das amostras com valores mais altos, tidas como de baixa qualidade (ALAIZ-RODRÍGUEZ, 2008). A melhoria e possível implementação de tal tecnologia em laboratórios e computadores de campo seria uma revolução para a indústria, que ainda necessita de profissionais treinados para a correta análise de amostras espermáticas, processo que quando não dominado demora um tempo precioso no qual amostras de sêmen estão perdendo a qualidade e viabilidade. Com bibliotecas de aprendizado não muito extensas é possível garantir resultados tão bons quantos os atingidos por humanos e em uma velocidade que só é vista naqueles que praticam esse trabalho por muitos anos e repetidas vezes por dia.

A mastite é uma doença extremamente comum em qualquer rebanho de bovinos leiteiros. Tendo em vista as características ambientais da produção leiteira e da sensibilidade a organismos patogênicos que o úbere apresenta, não é de se surpreender que a mastite clínica e a mastite subclínica sejam uma grande causa de perdas financeiras no mundo todo. Como mostrou Demeu (2015), os custos com tratamento, prevenção, diagnóstico e perdas causados pela mastite podem chegar a R\$ 1.588,12 por vaca em lactação. Quando consideramos a importância e a quantidade de bovinos leiteiros existentes no mundo o impacto econômico, sanitário e social é enorme. A mastite pode ser causada por diversos tipos de microrganismos, sendo dividida em contagiosa e ambiental.

Por ser uma causa de grandes perdas e uma dificuldade enfrentada pela indústria leiteira desde os seus tempos mais remotos, não é surpresa que existam extensas pesquisas para melhor diagnosticar e combater o problema. Um método muito utilizado para a triagem de vacas que possam estar demonstrando sinais clínicos da doença é a contagem de células somáticas no leite, que se baseia na quantidade de células inflamatórias e bactérias existentes no leite, demonstrando o grau de mastite e a qualidade do leite como um todo. Porém, quando um animal começa a apresentar uma contagem de células somáticas com valores elevados é necessário decidir que curso tomar: secar a vaca ao interromper a ordenha, tratar a mastite e perder o leite durante o tratamento ou deixar a infecção seguir o seu curso.

Para o auxílio nessa tomada de decisão, pesquisadores da Universidade da Pensilvânia, liderados por Heald (2000) programaram uma rede neural capaz de prever o status bacteriológico de vacas a partir de informações de manejo do rebanho, amostras rotineiras de leite e dados da associação de melhora do rebanho leiteiro (DHIA). Após o treinamento da rede, novas informações foram apresentadas para serem comparadas ao status atual das propriedades.

Os dados fornecidos pela rede foram condizentes com a realidade entre 42% e 71% dos casos, valores que variam entre médios e relativamente altos. Tendo em vista a importância da mastite na produção bovina mundial e na qualidade dos dados fornecidos pela rede em questão é possível afirmar que tal ferramenta pode ser bem utilizada para a triagem e auxílio na tomada de decisões a curto prazo, antes que exames laboratoriais mais demorados sejam realizados. Porém, temos que ressaltar que com valores baixos como os apresentados, não se pode afirmar e tomar decisões certas a partir do uso singular dessa ferramenta.

Uma ferramenta muito utilizada para a identificação de pessoas é a impressão digital. Reconhecidamente é uma característica individual única e de fácil acesso, por essas características é vista como um método de confirmação pessoal e usado por diversos órgãos nos mais diferentes países. Assim como humanos possuem traços característicos e individuais, outros animais também apresentam tal diferenças, como mostrado por Noviyanto (2012), que utilizou de ferramentas biométricas, semelhantes às usadas na avaliação de impressões digitais, em focinhos bovinos, analisando suas diferentes reentrâncias e características únicas. A habilidade de identificar animais com 100% de certeza acaba com os problemas de fraude e erros de coleta e manutenção de dados, comuns em criações animais.

A partir desse problema e dos estudos feitos por autores no passado, a equipe de El-Henawy (2016) aperfeiçoou o modelo criado com o uso de técnicas biométricas para garantir uma eficácia e boa qualidade na análise de dados. Com o uso de redes neurais, ele realizou três feitos: pré-processamento da imagem para reduzir interferências, aumento do contraste e atribuição de valores matemáticos, permitindo a análise por parte de *softwares*, extração do vetor da imagem de cada análise de forma que reflita os conteúdos da imagem e, por último, a classificação da imagem em si. Uma dificuldade enfrentada pelo grupo foi a falta de uma biblioteca e de imagens de qualidade para o treinamento da rede neural. Para tanto foi feita uma biblioteca de 52 diferentes animais para o aprendizado do computador. Quanto maior o número de características analisadas, maior o grau de acurácia da rede neural, quando apenas 20 foram analisadas a acurácia chegou em níveis máximos de 84%, porém quando 60 características foram analisadas chegou-se a níveis de 99,97%.

Como observado pelos autores, o uso de brincos e ferramentas visuais de identificação bovina estão sujeitas a fraudes e ao erro de análise, ao contrário de características morfológicas únicas, como o padrão do focinho. No entanto, devemos notar também que uma boa forma de identificação deve ser rápida e de fácil utilização, como é nos casos de brincos, permitindo que dezenas de animais sejam analisados em segundos. No caso de usarmos fotos de focinhos barramos na utilidade, facilidade e velocidade da técnica. Portanto, essa técnica é ótima para a

confirmação de animais em situações específicas, mas sem uso aparente no dia a dia de qualquer profissional que trabalhe com grandes rebanhos.

Pesquisadores de diversas universidades sul-coreanas criaram uma ferramenta baseada no aprendizado das redes neurais artificiais que certamente levantará questões se deve ou não ser disponibilizada para o público. O objetivo do *software* é permitir um diagnóstico presuntivo de doenças em cães a partir de sinais clínicos observados pelos próprios donos. Existe uma base de dados com sinais clínicos mais associados com diversas doenças e através de um questionário feito pelo *software*, o proprietário tem a capacidade de saber qual patologia aflige o seu animal de companhia. Para a criação dessa base de dados dois livros veterinários foram usados, 180 sinais clínicos e 105 doenças alimentadas na biblioteca de treinamento que cruza essas informações com os possíveis locais em que os sinais clínicos aparecerem, as vezes sendo necessário informações adicionais. A rede também aprende conforme é utilizada para melhor questionar os donos e entender as maneiras utilizadas para explicar os diferentes sinais clínicos observados por pessoas leigas. A ferramenta fornece como resultado as três mais prováveis doenças, segundo as informações recebidas. Os pesquisadores afirmam que o uso da ferramenta foi aprovado por veterinários e tem como objetivo estimular a atenção do dono à diferentes anormalidades em seus cães até que haja possibilidade de um tratamento profissional (KIM, 2008). Tal ferramenta dificilmente seria vista como uma maneira de ter uma percepção inicial de uma possível doença no Brasil. Muito provavelmente seria vista como uma maneira de substituir uma consulta a um profissional veterinário, já que os preços exigidos pela categoria são considerados altos pela maior parte da população brasileira.

Uma pesquisa relativamente antiga foi feita por pesquisadores ingleses para fazer uma rápida identificação de infecções bacterianas em cães. *Propionibacterium acnes* é uma bactéria extremamente comum em áreas oleosas da pele de humanos, causando distúrbios dermatológicos e acne. A *P. acnes* faz parte da flora bacteriana natural de cães, sendo muito encontrada nas patas e focinho. Foi teorizado que existe uma semelhança entre as bactérias encontradas em cães e em humanos, com a possibilidade de contaminação entre espécies. Para estudar isso, foi utilizada a tecnologia de pirólise aliada com análise espectral e redes neurais artificiais. Os pesquisadores atingiram o objetivo de rapidamente identificar as bactérias presentes, uma vez que não foi necessário cultivá-las. As redes neurais foram usadas para analisar os resultados da análise espectral para rapidamente diferenciar as bactérias mais comumente encontradas na pele humana e canina. Foi comprovado que as bactérias que afetam a pele humana são as mesmas encontradas nas áreas mais oleosas de cães, também sendo áreas de contato próximo entre animal e dono (GOODACRE, 1993).

O processo de pesagem de animais gera informações insubstituíveis para qualquer produção animal. A partir desses dados é possível saber como está ocorrendo o crescimento, estado de saúde e preparação para o abate. Métodos de pesagem convencionais muitas vezes são estressantes para os animais e humanos que realizam o serviço e métodos automatizados, que pesam em estações de alimentação ou nas saídas de estações leiteiras, necessitam de extensos processamentos de dados para a retirada de dados mal obtidos, como quando suínos dormem em plataformas, quando mais de um animal está presente ou quando o animal faz força para baixo. Tendo esses problemas atuais em questão, pesquisadores americanos e canadenses propuseram uma nova maneira de pesagem de suínos, tendo como base imagens dos animais processadas por uma rede neural artificial treinada para tanto.

A partir de trabalhos publicados anteriormente, que estudaram e aperfeiçoaram métodos de pesar suínos de maneira indireta, com o uso de câmeras, os pesquisadores adicionaram uma rede neural artificial para realizar o processamento desses dados. Após o treinamento das redes, um grupo de 22 animais em fase de crescimento foi testado. Utilizando imagens selecionadas manualmente o grupo atingiu uma acurácia de 97% na pesagem desses animais, demonstrando que o sistema aperfeiçoado com a utilização das redes neurais artificiais funciona para a pesagem de suínos (WANG, 2008). Essa pesquisa é interessante, pois demonstra como a tecnologia das redes neurais consegue ser inserida em estudos já realizados para se obter melhorias na análise dos dados obtidos. Por mais que os valores obtidos sejam precisos e úteis, o fato de as imagens terem de ser manualmente selecionadas antes de serem passadas pelo *software* levanta questionamentos quanto a aplicação desse sistema em uma escala comercial. Um produtor que trabalha com milhares de animais teria que ter uma equipe treinada para selecionar essas imagens e não teria garantia de que terão imagens em quantidade e qualidade suficiente para a correta mensuração do peso de seus animais. Muitos dos trabalhos que analisam imagens para prever o peso de animais prometem menos trabalho, mas acabam por trocar o trabalho de levar animais até uma balança por analisar imagens. Acredito que até hoje não há sistema mais confiável e prático do que a velha e fidedigna balança.

Com um enfoque diferenciado, dessa vez em estações leiteiras automatizadas, cientistas da Lincoln University, em Canterbury, na Nova Zelândia, propuseram uma pesquisa semelhante a citada anteriormente feita nos Estados Unidos com o uso de redes neurais artificiais. Wang e seu colega Samarasinghe utilizaram, em 2008, dados de quatro fazendas diferentes para diferenciar vacas saudáveis de vacas que apresentavam mastite. Dificuldades foram vistas por defeitos técnicos comuns nas máquinas que tiravam o leite, então médias de rebanho e individuais tiveram que ser computadas para correta análise. As primeiras redes neurais criadas

não atingiram taxas de sucesso ótimas quanto à detecção de vacas doentes, mantendo os valores de 81% de detecção para mastite e 100% para vacas saudáveis. Modificações foram realizadas para a melhoria dos índices com mudanças nos modelos matemáticos. Ao final das mudanças foram alcançados valores de 95% de classificação correta para vacas mastíticas e 97% para vacas saudáveis. Futuras pesquisas foram anunciadas para associar esses resultados com um grau de incerteza (WANG, 2005). Essa pesquisa atingiu resultados ótimos com variáveis clínicas, o que tende a ser difícil uma vez que é complexa a obtenção de dados que permitam a construção de uma boa biblioteca de dados para o aprendizado da rede neural. Porém, vale ressaltar que essa pesquisa atingiu graus maiores de acerto do que a feita por colegas americanos pois ela se propôs a classificar as vacas em apenas dois grupos, enquanto a outra pesquisa separou em quatro. Independentemente desse fato, a detecção de vacas com mastite realizada com dados das máquinas que tiram o leite delas, aliado ao CMT (Teste de Mastite Californiano) é uma ferramenta fantástica para o produtor e veterinário de campo.

Utilizando um padrão diferenciado para transmissão de dados semelhante ao bluetooth chamado ZigBee, cientistas dinamarqueses propuseram a identificação de comportamento de animais de campo para a análise do seu bem-estar animal. Já é bem conhecido como a importância do bem-estar animal nos processos produtivos afeta não só a reputação do produtor ou da empresa responsável, mas também a qualidade do produto final. Através da análise das diferentes ações realizadas por um animal é possível saber se ele está em condições ótimas para a sua vivência ou não. A utilização de redes neurais artificiais vem de auxílio a essa análise já que ela permite que máquinas realizem esse trabalho que de outra forma seria feito ou por pessoas, tomando um bom espaço de tempo, ou de maneira pouco subjetiva por computadores (NADIMI, 2012).

Através de pequenos sensores com acelerômetros colocados nos animais, informações a respeito do seu tempo de pastejo, tempo deitados, movimentação e tempo parado são coletados. A utilização da tecnologia ZigBee permite que os dados coletados sejam transmitidos com pouca perda de informações a distâncias relativamente curtas. Para contornar esse problema, diversas estações de coleta automatizada de dados são colocadas no campo de estudo. A análise do comportamento de 11 ovelhas foi feita por cinco dias, nove horas por dia, com a coleta de 3.600 amostras por horas, totalizando teoricamente 1.782.000 dados alimentados na rede neural artificial criada para essa finalidade. O uso dessa forma diferenciada de transmissão de dados garantiu a menor perda de dados observadas em estudos dessa linha até então, com apenas 14,8% dos pacotes de dados perdidos, além de permitir que não houvesse necessidade de troca de bateria dos sensores nos cinco dias em que o estudo foi conduzido. As redes neurais

foram utilizadas para a correta análise dos sensores e do comportamento animal. Pesquisas subsequentes são necessárias e já foram feitas nessa área sobre a melhor forma de analisar os dados obtidos pelos sensores utilizados (NADIMI, 2012). Essa pesquisa estabeleceu uma boa forma de coleta de dados de animais de campo que utilizam sistemas de semi confinamento em que há a possibilidade de espalhar pontos de coletas de dados pelo campo, como é o caso de muitas criações ovinas. Existem diversas pesquisas que estabeleceram *softwares* capazes de realizar uma completa análise desses simples dados e estabelecer graus de bem-estar animal passíveis de análise.

Esses estudos são apenas uma amostra do potencial que as redes neurais artificiais têm como ferramenta para o estudo e aperfeiçoamento de diversos aspectos da profissão de médico veterinário. Não são necessárias ferramentas avançadas, nem conhecimentos profundos de matemática e computação; uma simples ideia bem planejada e executada é passível de trazer dados de qualidade e quantidade suficiente para a criação de um modelo matemático analisável e aperfeiçoado por computadores. Alguns empecilhos ainda estão no caminho, principalmente nos estudos que tratam de análises clínicas, uma vez que é difícil obter uma quantidade grande de dados de pacientes ao ponto de ser passível a criação de uma biblioteca de aprendizado de qualidade. Muitos estudos e melhorias ainda serão feitas nessa tecnologia e em algum momento ela será vista como algo simples e normal na rotina do veterinário, como um exame de PCI análise de resistência a antimicrobianos é vista hoje.

## **6 CONCLUSÃO**

Vimos como as redes neurais artificiais são aplicadas nos mais diferentes aspectos da produção avícola nos sentidos de explicar fenômenos, prever valores futuros, melhorar diagnósticos, garantir respostas mais rápidas, reduzir a quantidade de animais usados em pesquisa e facilitar a realização do trabalho do médico veterinário. Também visualizamos como existe uma infinidade de possibilidades para criar e inovar em outros campos da profissão veterinária, desde a identificação de possíveis diagnósticos patológicos por pessoas leigas, passando pelo aperfeiçoamento de tecnologias já existentes até a identificação de bovinos com o uso de seus focinhos.

Com esse trabalho, podemos ver uma minúscula parte do vasto ramo de aplicações da tecnologia das redes neurais artificiais. Mesmo nos aspectos produtivos da avicultura comercial, no qual mais de uma década de pesquisa foi realizada com essa ferramenta, ainda há muitos avanços e novas áreas a serem exploradas. Muitos outros segmentos da medicina veterinária

podem começar a aplicar essas ferramentas de maneira simples, principalmente em áreas que operam com vastas quantidades de dados como a medicina veterinária preventiva e a saúde pública.

As redes neurais artificiais certamente avançarão muito e serão utilizadas das mais diversas maneiras possíveis. Há apenas algumas décadas o mundo se impressionou quando um computador (Deep Blue) venceu o então melhor enxadrista do mundo (Garry Kasparov) pela primeira vez. Hoje sabemos que a possibilidade de um humano ganhar de um computador em qualquer jogo que seja é basicamente zero. Computadores já são mais aptos que os humanos nas mais diversas atividades lógicas e complexas e, a cada dia que passa, esses computadores tornam-se obsoletos pela criação de formas e maneiras melhores de realizar as mesmas tarefas. Logo estaremos trabalhando lado a lado com inteligências artificiais e as redes neurais são uma das formas mais comuns do aprendizado das máquinas, uma vez que elas replicam a máquina mais perfeita já feita (até hoje), o cérebro.

Não é correto dizer que mais pesquisas quanto à utilização dessa tecnologia são necessárias. O que devemos é perceber que o potencial dessa tecnologia não foi explorada pelo campo das ciências agrárias. Profissionais de diferentes áreas não sabem que existe uma ferramenta capaz de realizar feitos inimagináveis há apenas algumas décadas atrás. Basta que pesquisadores e profissionais deixem de lado o receio que muitos têm quanto à tecnologia e aos modelos matemáticos e passem a tentar aplicar as redes neurais artificiais de maneiras diferentes, pois ainda há muitas maneiras nas quais podemos aplicar e melhorar essa tecnologia. Realço que não é necessário ter pleno conhecimento de nenhuma tecnologia ou ferramenta para aplicá-la. A maioria das pessoas não sabe como um motor de um carro funciona, mas conseguem dirigir perfeitamente. Também não sabemos os nuances do funcionamento de um computador ou celular, mas não passamos um dia sem usar uma dessas máquinas. Por que então o médico veterinário tem tanto receio de adotar novas tecnologias e ferramentas?

Estamos em um ponto relativamente novo das aplicações dessa tecnologia na medicina veterinária, um ponto em que o maior empecilho visto é a falta de criatividade e coragem em usar ferramentas avançadas por parte daqueles que trabalham e pesquisam novas formas de melhorar a produção e a vida animal. Uma vez que essas novas formas de análise de dados forem vistas como algo simples na rotina como ultrassons, equipamentos de raio x, testes de PCR e uso de hormônios sintéticos na reprodução, veremos um aumento nas informações referentes a saúde e produção animal que hoje é inexistente. Temos muito o que criar, construir, tentar, errar e acertar, basta que comecemos. Temos que, definitivamente, entrar no século 21.





## REFERÊNCIAS

ABPA-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual de 2017**. 2018.

ALAIZ-RODRÍGUEZ, Rocío et al. Quantifying the proportion of damaged sperm cells based on image analysis and neural networks. In: **Proceedings of the 8th conference on Simulation, modelling and optimization**. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), 2008. p. 383-388.

ASTION, Michael L.; WILDING, P. The application of backpropagation neural networks to problems in pathology and laboratory medicine. **Archives of pathology & laboratory medicine**, v. 116, n. 10, p. 995-1001, 1992.

BARBOSA, R. T; MACHADO, R. Panorama da inseminação artificial em bovinos. **Embrapa Pecuária Sudeste-Documentos (INFOTECA-E)**, 2008.

CAMARGO, L. R. P; SUFFREDINI, I. B. Impacto causado por Escherichia coli na produção de animais de corte no Brasil: revisão de literatura. **J Health Sci Inst**, v. 33, n. 2, p. 193-97, 2015.

UMA BREVE história das redes neurais artificiais. In: Deep Learning book. Brasília, DF: Data Science Academy, [2018?]. cap.2 Disponível em: <http://www.deeplearningbook.com.br>. Acesso em: 10 abr 2019

EL-HENAWY, I; EL BAKRY, H. M.; EL HADAD, H. M. Cattle identification using segmentation-based fractal texture analysis and artificial neural networks. **International Journal of Electronics and Information Engineering**, v. 4, n. 2, p. 82-93, 2016.

GALEANO-VASCO, L; CERÓN-MUÑOZ, M. Modelación del crecimiento de pollitas Lohmann LSL con redes neuronales y modelos de regresión no lineal. Cordoba. **Revista MVZ Córdoba**, v. 18, n. 3, 2013. p. 3861 – 3867.

GOODACRE, R. *et al.* Rapid identification using pyrolysis mass spectrometry and artificial neural networks of Propionibacterium acnes isolated from dogs. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 76, n. 2, p. 124-134, Feb. 1994.

GUAHYBA, A. S. Utilização de inteligência artificial (redes neurais artificiais) no gerenciamento de reprodutoras pesadas. 2001.

HEALD, C. W. et al. A computerized mastitis decision aid using farm-based records: An artificial neural network approach. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 4, p. 711-720, 2000.

JAISWAL, S. et al. Neural network modelling and sensitivity analysis of a mechanical poultry catching system. **Biosystems Engineering**, v. 92, n. 1, p. 59-68, 2005.

JUNIOR, A. B; MACARI, Marcos. **Doenças das aves**. FACTA, 2000.

KIM, K. B; SONG, D. H; WOO, Y. W. Machine intelligence can guide pet dog health pre-diagnosis for casual owner: a neural network approach. **International Journal of Bio-Science and Bio-Technology**, v. 6, n. 2, p. 83-90, 2014.

KLEIN, Bradley G. A sinapse. *In: Cunningham tratado de fisiologia veterinária*. Elsevier Brasil, 2015. cap 5, p. 165 – 179.

KOHLSTEDT, K. **Biomimicry**: how designers are learning from the natural world. Disponível em: <https://99percentinvisible.org/article/biomimicry-designers-learning-natural-world/>. Acesso em: 20 maio. 2019.

KOVÁCS, Z. L. **Redes neurais artificiais**. Editora Livraria da Física, 2002.

MORAES, L. B. Estabelecimento de uma nova metodologia para a avaliação da depleção linfóide folicular da bolsa de Fabricius através análise digital de imagem e de redes neurais artificiais. 2008.

NADIMI, E. S. et al. Monitoring and classifying animal behavior using ZigBee-based mobile ad hoc wireless sensor networks and artificial neural networks. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 82, p. 44-54, 2012.

NIELSEN, M. A. **Neural networks and deep learning**. USA: Determination press, 2015.

NOVIYANTO, A; ARYMURTHY, A. M. Beef cattle identification based on muzzle pattern using a matching refinement technique in the SIFT method. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 99, p. 77-84, 2013.

PARK, B.; CHEN, Y. R.; NGUYEN, M. Multi-spectral image analysis using neural network algorithm for inspection of poultry carcasses. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 69, n. 4, p. 351-363, 1998.

PETZOLD, C. **Code**: the hidden language of computer hardware and software. Microsoft Press, 2000.

PINTO, P. R. Uso de redes neurais artificiais no gerenciamento de matadouros-frigoríficos de aves e suínos no sul do Brasil. 2006.

PINTO, P. R. Uso de redes neurais artificiais no gerenciamento de matadouros-frigoríficos de aves e suínos no sul do Brasil. 2006.

PUGH, E.M. *The Biological Origin of Human Values*. 1. Ed. Basic Books, 1977

REALI, E. H. Utilização de inteligência artificial-(Redes Neurais Artificiais) no gerenciamento da produção de frangos de corte. 2004.

ROCHA, A. C. G. P. Utilização de inteligência artificial (redes neurais artificiais) para a classificação de patogenicidade de amostras de Escherichia coli isoladas de frangos de corte. 2006.

ROCHA, D. T. Utilização de redes neurais artificiais para a classificação da resistência a antimicrobianos e sua relação com a presença de 38 genes associados a virulência isolados de amostras de *Escherichia coli* provenientes de frangos de corte. 2012.

ROUSH, W. B. et al. Artificial neural network prediction of ascites in broilers. **Poultry science**, v. 75, n. 12, p. 1479-1487, 1996.

SALLE, C. T. P. Veterinarians are Paid to Make Decisions. **Appro Poult Dairy & Vet Sci**. v.3, n. 5, 2018.

SALLE, F. O. Utilização da inteligência artificial (redes neurais artificiais) para a classificação da resistência a antimicrobianos e do comportamento bioquímico de amostras de *Escherichia coli* isoladas de frangos de corte. 2009.

SALLE, F. O. Utilização de inteligência artificial (redes neurais artificiais) no gerenciamento do incubatório de uma empresa avícola do sul do Brasil. 2005.

SOUZA, G. F. Estabelecimento de um novo índice de patogenicidade para amostras de *E. coli* e o uso de redes neurais artificiais. 2010.

SOUZA, G. F. Estabelecimento de uma nova metodologia para o cálculo do índice de patogenicidade em amostras de *Escherichia coli* provenientes da produção de frango de corte. 2006.

SPOHR, A. Gerenciamento através de redes neurais artificiais das atividades de produção de reprodutoras pesadas e do frango de corte, de um incubatório e de um abatedouro avícola. 2011.

TEJKOWSKI, T. M. Uso de redes neurais artificiais para classificação da patogenicidade de *Escherichia coli* de origem aviária. 2013.

WANG, E.; SAMARASINGHE, S. On-line detection of mastitis in dairy herds using artificial neural networks. 2005.

WANG, Y. et al. Walk-through weighing of pigs using machine vision and an artificial neural network. **Biosystems Engineering**, v. 100, n. 1, p. 117-125, 2008.

YADAV, Neha; YADAV, Anupam; KUMAR, Manoj. History of Neural networks. In: **An Introduction to Neural Network Methods for Differential Equations**. Springer, Dordrecht, 2015. cap 2. p. 13-15.

## **ANEXO 1 : 40 fatores analisados na pesquisa de Augusto Spohr:**

“Origem do nascedouro no incubatório, origem da incubadora no incubatório, quantificação da contaminação por *Salmonella sp.*, *Aspergillus sp.*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.* Nos nascedouros, número de aviários por incubadora, ovo de cama/ninho, percentual de linhagem, ovo trincado, minutos de incubação, minutos de nascedouro, horas de estoque, eclosão total, eclosão vendável, ovos incubáveis, aproveitamento de ovos, idade da matriz, perda de peso de ovo, peso de pinto, peso de ovo, contaminação na transferência, tipo de pinto, fertilidade, tipo de máquina, produtor extensionista, peso do frango de primeira semana, peso do frango de segunda semana, peso do frango de terceira semana, peso do frango de quarta semana, peso do frango de quinta semana, mortalidade do frango na primeira semana, , mortalidade do frango na segunda semana, , mortalidade do frango na terceira semana, , mortalidade do frango na quarta semana, , mortalidade do frango na quinta semana, linhagem, condenação total, condenação parcial.” (SPOHR, 2011, p 23).