

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ANÁLISES DO SISTEMA PRODUTIVO SUINÍCOLA DA REGIÃO CENTRAL  
DO RIO GRANDE DO SUL**

LUIZ FERNANDO SANGOI

Médico Veterinário– UFSM  
Mestre em Geomática – UFSM

Tese apresentada como um dos requisitos para a obtenção do grau de Doutor  
em Zootecnia

Área de Concentração em Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Junho de 2014

### CIP - Catalogação na Publicação

Sangoi, Luiz Fernando  
ANÁLISES DO SISTEMA PRODUTIVO SUINÍCOLA DA REGIÃO  
CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL / Luiz Fernando  
Sangoi. -- 2014.  
71 f.

Orientador: Alexandre de Mello Kessler.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2014.

1. SUINOCULTURA. 2. EFICIÊNCIA PRODUTIVA. 3.  
PERFIL IDEAL DOS PRODUTORES. 4. MODELAGEM  
MATEMÁTICA. 5. REDES NEURAIS ARTIFICIAIS. I.  
Kessler, Alexandre de Mello, orient. II. Título.

LUIZ FERNANDO SANGOI  
Médico Veterinário e Mestre em Geomática

## TESE


Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **DOCTOR EM ZOOTECNIA**

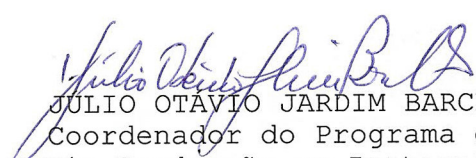
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 30.06.2014  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 25.07.2014  
Por



ALEXANDRE DE MELLO KESSLER  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador



JULIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia




ENIO GIOTTO  
UFSM



JULIO CEZAR MAIRESSE SILUK  
UFSM



VLADIMIR DE OLIVEIRA  
UFSM



PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de Agronomia

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por meio do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelo ensino público, gratuito e de qualidade.

Aos professores, Dr. Alexandre de Mello Kessler e Dra. Andréa Machado Leal Ribeiro, pelo exemplo profissional, confiança, estímulo, amizade, disponibilidade, contribuições e reflexões valiosas para a melhoria deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Professores Doutores, Alexandre de Mello Kessler, Enio Giotto, Julio Cezar Mairesse Siluk e Vladimir de Oliveira, pela disponibilidade e contribuições à tese final.

Aos colegas de pós-graduação e de laboratório (LEZO), pela amizade e companheirismo. Desejo pleno sucesso nos estudos e muito sucesso em suas vidas.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFRGS, que contribuíram nas aulas teóricas e práticas para o meu conhecimento técnico-científico, demonstrando a importância da ciência para o desenvolvimento do país no ambiente da universidade.

Ao Sindicato das Indústrias de Produtos Suínos do Estado do Rio Grande do Sul, na pessoa do Sr. Rogerio Jacob Kerber, e à Cooperativa dos Suinocultores de Encantado Ltda, na pessoa do Sr. Carlos Alberto de Figueiredo Freitas, pelo apoio e confiança na construção do presente trabalho.

À Jane, pelo amor, apoio e estímulo nesta etapa importante de minha formação.

Aos acadêmicos Alvaro Neuenfeldt Júnior, Regis Vilanova Longhi e Emanuel Arnoni Costa, pelo apoio e cooperação nesta tese.

À Professora Carolina Bremm, pelo apoio e cooperação nesta tese.

Aos professores Paulo Renato Schneider e Solon Longhi, pela amizade e incentivo nesta minha trajetória acadêmica.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

**MUITO OBRIGADO!**

## ANÁLISES DO SISTEMA PRODUTIVO SUINÍCOLA DA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

### RESUMO

O presente trabalho<sup>1</sup> teve como objetivo principal utilizar a metodologia das análises multivariadas, modelagem matemática e redes neurais artificiais, na avaliação da eficiência produtiva de propriedades produtoras de suínos no Rio Grande do Sul. Os dados utilizados foram coletados em 47 municípios da região do Vale do Taquari, estado do Rio Grande do Sul, entre fevereiro e março de 2012, compreendendo o universo de 120 produtores. Utilizou-se um diagnóstico com perguntas estruturadas fechadas, em conjunto com os resultados produtivos de 494 abates realizados nos anos de 2010 e 2011. Analisou-se as variáveis produtivas na terminação de suínos criados em dois momentos climáticos anuais distintos, primavera/verão e outono/inverno, comparando as diferenças ocorridas nas variáveis de produtividade, o que resultou no capítulo 2, “Análise das variáveis produtivas de suínos na fase de terminação em duas estações climáticas”, no qual se identificou o perfil ideal para produtores terminadores de suínos através de um modelo matemático capaz de prever quais as chances de o produtor obter um melhor desempenho na suinocultura, que resultou no capítulo 3, “Uso da otimização de desempenho iterativo na identificação do perfil ideal de produtores terminadores de suínos”. Com o auxílio da Inteligência Artificial, uma tecnologia cada vez mais usada, na tentativa de avaliar com maior precisão quais os fatores que na criação de suínos podem contribuir significativamente para um aumento da produtividade, resultou no capítulo 4, “A utilização da Inteligência Artificial para a predição dos parâmetros produtivos da suinocultura”. Com esses resultados, pode-se dizer que: identificou-se quais as condições ambientais e climáticas impactaram sobre a eficiência produtiva dos suínos, observando-se maior peso médio vivo, ganho médio diário e taxa de mortalidade nos animais criados na estação outono/inverno. Já a Conversão Alimentar não apresentou efeito significativo da estação do ano. Ainda, identificou-se o perfil ideal para produtores terminadores de suínos através de um modelo matemático capaz de prever quais as chances de o produtor obter um melhor desempenho na suinocultura e, por meio de predições geradas, a partir do auxílio das Redes Neurais Artificiais, obteve-se como principal resultado a condição de se afirmar que o uso da metodologia das Redes Neurais Artificiais pode prever com reduzidas margens de erro, as variáveis produtivas, conversão alimentar, mortalidade e ganho médio diário.

Palavras-chaves: Eficiência produtiva, modelagem matemática, predição e redes neurais.

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (71 p.), junho de 2014.

## ANALYSIS OF PRODUCTION SYSTEM SWINE THE CENTRAL REGION OF RIO GRANDE DO SUL

### ABSTRACT

The main objective of the present work<sup>2</sup> is to use the methodology of multivariate analysis, mathematical modeling and artificial neural networks in the production evaluation efficiency of swine-producing farms in Rio Grande do Sul state. The data used were collected in 47 municipalities in the region of Vale do Taquari, between February and March 2012, covering the universe of 120 producers. There are used a diagnosis with structured questions, in conjunction with the productive results of 494 slaughterings carried out in the years 2010 and 2011. Productive variables examined in swine termination phase reared in two distinct annual weather moments, spring/ summer and autumn/winter, comparing the differences occurring in the productivity variables, which resulted in section 2, "Analysis of the productive variables of swine on termination phase in two climatic seasons", where it was identified the ideal profile for producers s through a mathematical model to predict the chances of the better performance in swine production, which resulted in section 3, "Using the interactive performance optimization in identifying the ideal profile of swine terminators phase producers", and with the aid of artificial intelligence, a technology increasingly used in an attempt to assess with greater precision what factors in swine breeding can contribute significantly to improved productivity, resulted in sector 4 "The use of artificial intelligence for prediction of swine productive parameters". With these results, it can be said that: what are the identified environmental and climatic conditions that impacted on the swine productive efficiency, observing a greater average weight, daily gain and mortality rate in animals reared in autumn/winter seasons. The feed conversion did not provide any significant effect . Still, although the ideal profile for terminators producers through a mathematical model to predict the chances of the producer better performance and, by generated predictions from the artificial neural networks, obtained as main result the condition to assert that this method can aid for the predictionm with reduced margins of error, productive variables, feed conversion ratio, mortality and average daily gain.

Keywords: Productive efficiency, Mathematical modelling, Prediction and Neural networks.

---

<sup>2</sup> Doctoral Thesis in Animal Science - Animal Production, Faculty of Agronomy, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (71 p.), June 2014.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 HIPÓTES E OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo Geral:.....	11
2.2 Objetivos Específicos:.....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
3.1 Análises multivariadas dos fatores que influem na eficiência (...) .....	11
3.2 Otimização interativa e modelagem matemática .....	15
3.3 Redes neurais artificiais .....	18
 CAPÍTULO II (1).....	 21
1 INTRODUÇÃO.....	24
2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	24
2.1 Análise de variância dos Variáveis Produtivas.....	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
3.1 Caracterização da população .....	28
3.2 Análise da correlação linear.....	29
3.3 Análises das Equações de Regressão.....	32
4 CONCLUSÃO .....	33
5 BIBLIOGRAFIA.....	34
 CAPÍTULO III (1).....	 36
1 INTRODUÇÃO.....	38
2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
3.1 Caracterização da população .....	42
3.2 Perfil ideal encontrado .....	43
3.3 Mensuração do nível de otimização interativa da população.....	45
4 CONCLUSÃO .....	45
5 REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	45
 CAPÍTULO IV (1) .....	 47
1 INTRODUÇÃO.....	49
2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	49
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
3.1 Caracterização da população .....	53
3.2 Aplicação das Redes Neurais Artificiais.....	53
4 CONCLUSÃO .....	57
5 REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	58
 CAPÍTULO V.....	 60
1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	61
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
VITA .....	71

## RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis Contínuas e Nominais. ....	25
Tabela 2 – Resultados estatísticos da comparação de média das variáveis observadas em relação as estações climáticas. ....	27
Tabela 3 - Correlações das variáveis contínuas e produtivas para as estações ..... .....	29
Tabela 4 - Correlações das variáveis contínuas e produtivas para as estações ..... .....	30
Tabela 5 - Correlações das variáveis nominais e produtivas para as estações outono-inverno (Estação 1). ....	31
Tabela 6 - Correlações das variáveis nominais e produtivas para as estações primavera=verão (Estação 2). ....	31
Tabela 7 - Regressões múltiplas para as Variáveis Produtivos nas duas estações de estudo. ....	33
Tabela 8 – Critérios e perfis selecionados para a verificação. ....	39
Tabela 9 – Conjunto de perfis considerados como ideais para cada critério. ...	44
Tabela 10 – Variáveis de entrada e seus respectivos grupos. ....	50
Tabela 11 – Processo sumário dos casos. ....	54



## RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização dos produtores nos 47 municípios da região do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul. ....	26
Figura 2 - Gráfico de caixa ou box plot para as duas estações de análise. ....	28
Figura 3 - Estrutura de verificação do problema. ....	39
Figura 4 – Etapas metodológicas da pesquisa.....	50
Figura 5 - Predições e Residuais para a conversão alimentar.....	54
Figura 6 - Predições e Residuais para a mortalidade. ....	55
Figura 7 - Predições e Residuais para a GMD.....	57

## **CAPÍTULO I**

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, no ano 2013 foi produzido, no mundo, em torno de 250 milhões de toneladas das carnes (exceto as carnes pescadas), assim representadas: suíno (43%); frango (34%); bovina (23%) (USDA, 2013). A carne suína é a proteína mais consumida no mundo, com uma produção aproximada de 110 milhões de toneladas, sendo quase a metade produzida na China e outro terço na União Europeia e nos Estados Unidos da América. O principal destaque dos últimos anos é a participação brasileira, que tem crescido em importância no mercado mundial, com mais de 3% da produção e 8,5% das exportações, em dez anos ampliaram nossa participação nas exportações mundiais, de 4% para 8,5% (ABIEPCS, 2012/13).

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína, o comércio internacional desse setor movimentou 7.05 milhões de toneladas com uma receita maior que 15 bilhões de dólares. São cinco os maiores importadores (Japão, Federação Russa, México, Coreia do Sul e Hong Kong) e USA, União Europeia, Canadá, Brasil e a China são os responsáveis por 96% das exportações mundiais. Diante desse panorama, destaca-se, nos últimos anos, o desempenho das vendas externas brasileiras, o País é o quarto maior produtor, com 3.13% da produção (3.37 milhões de toneladas) e 8.5% das exportações (600mil toneladas), apesar das barreiras sanitárias, do aumento dos subsídios europeus e do crescimento da concorrência internacional, as exportações brasileiras cresceram acima da média dos competidores (ABIEPCS, 2013).

Ao contrário do perfil mundial, o consumo de carne suína no Brasil é inferior ao das carnes de frango e bovina, “porque o consumidor nacional prefere os produtos processados (frescos, cortes temperados, curados e cozidos, etc.)”. Mesmo assim, a disponibilidade interna de carne suína, no período, cresceu de 11kg para, aproximadamente, 15,1kg/habitante/ano. No Brasil, a carne de frango representa 46% do consumo total, a carne bovina, 39%, e a suína, apenas 15%. (DADOS ABIEPCS, CONAB, 2013).

Assim, a suinocultura é um importante setor da pecuária nacional, apresentando um dos melhores desempenhos econômicos no cenário internacional, devido aos avanços tecnológicos e organizacionais, como a reprodução, estado nutricional, manejo sanitário, qualidade genética e produtividade do plantel (COELHO et al., 2011). Mesmo assim, em condições similares, de manejo alimentar e genética, existem grandes diferenças na produtividade final das granjas. Isso se deve a fatores gerências inerentes do sistema de produção, bem como os relacionados com o clima, as instalações e os ligados ao produtor.

Inicialmente, essas granjas foram analisadas estatisticamente de modo multivariado, correlação e regressão. Esses estudos integram as informações de vários fatores que podem ajudar o produtor/avaliar identificar e prever quais seriam as limitações dentro de sua granja.

“Da mesma forma, o presente trabalho teve também como objetivo desenvolver um modelo matemático capaz de identificar o perfil ideal de produtores terminadores de suínos através da modelagem matemática”.

Por fim, estudos baseados na inteligência artificial, como o de redes neurais artificiais, foram usados na tentativa de avaliar o desempenho das granjas. Nesse sentido, Costa (2009) afirma que as redes neurais artificiais têm se mostrado efetivas para resolver problemas complexos usando sistemas biológicos.

Tendo em vista a importância desses fatores e o auxílio das análises multivariadas e das ferramentas de modelagens matemáticas e inteligência artificial, avaliou-se os fatores que modificam a eficiência produtiva e, através da construção de redes neurais artificiais, realizou-se predições dos parâmetros produtivos, nas criações de suínos.

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos: no capítulo 1, “Introdução e Revisão Bibliográfica”, são expostos alguns dados sobre a suinocultura, sobre o que ela representa para o mundo na produção de alimentos, para o Brasil e para regiões produtoras, no que se refere à geração de emprego e renda, ajudando a manter o produtor no campo e tendo uma participação importante na balança comercial brasileira por meio da exportação da carne e derivados de suínos; apresenta, também, a revisão bibliográfica sobre análises multivariadas dos fatores que influem na eficiência produtiva, otimização interativa e modelagem matemática e redes neurais artificiais.

No segundo capítulo, “Análise das variáveis produtivas de suínos na fase de terminação em duas estações climáticas”, avaliou-se, por meio de modelos estatísticos, as características dos produtores, suas correlações com os dados produtivos e formulou-se as equações de regressão.

O terceiro capítulo, “Uso da otimização de desempenho interativa na identificação do perfil ideal de produtores terminadores de suínos”, refere-se à programação matemática como método de modelagem usado e ao procedimento metodológico adotado, bem como os dados levados em conta para a formulação do modelo.

No quarto capítulo, “A utilização da inteligência artificial para a predição dos parâmetros produtivos da suinocultura”, discute-se a inteligência artificial como uma ferramenta de uso múltiplo nas mais diversas áreas do conhecimento.

No quinto e último capítulo, “Considerações finais”, é feita a descrição e avaliação dos resultados obtidos com os modelos e avaliação dos resultados de algumas simulações nas diferentes situações.

## **2 HIPÓTES E OBJETIVOS**

A hipótese central deste trabalho é de que, através da utilização de dados publicados na literatura científica especializada e da coleta de dados produtivos em uma empresa suinícola, pode-se formular:

Hipótese de aceitação: em que, ao analisar os dados dos produtores por meio das análises multivariadas, modelagem matemática e inteligência artificial, é possível diagnosticar os fatores responsáveis pela modificação na eficiência produtiva de uma mesma linhagem de suínos, submetida às mesmas condições de manejo alimentar, em propriedades diferentes.

Levando em conta a importância econômica e social da suinocultura, no contexto nacional e internacional, este projeto usará ferramentas de

análises multivariadas, modelagem matemática e redes neurais, com os objetivos:

### 2.1 Objetivo Geral:

Utilizar a metodologia das análises multivariadas, modelagem matemática e redes neurais artificiais na avaliação da eficiência produtiva de propriedades produtoras de suínos no Rio Grande do Sul.

### 2.2 Objetivos Específicos:

Avaliar, através da análise multivariada, as variáveis produtivas dos suínos na fase de terminação;

Formular um modelo matemático indicando o perfil ideal para produtores terminadores de suínos utilizando-se, para tanto, da otimização de desempenho interativa, capaz de prever quais as chances de o produtor obter formas de maximizar seus resultados econômicos na atividade suinícola;

Realizar a predição dos parâmetros produtivos, com o auxílio do software de redes neurais artificial, nos produtores de uma empresa na região central do Rio Grande do Sul;

Diferenciar os suinocultores em classes de alta, média e baixa produção;

Determinar os fatores que interferem na eficiência produtiva da suinocultura na região;

Apresentar as variáveis mais importantes capazes de provocar diferenciação na eficiência produtiva das propriedades.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Análises multivariadas dos fatores que influem na eficiência produtiva

A produção de suínos teve grandes avanços, principalmente após uma grande evolução nas áreas de nutrição e genética, assumindo, assim, um papel extremamente importante na economia do Brasil. Grande parte desses avanços se deve às melhorias no manejo e ambiência, no conhecimento nutricional das exigências dos animais e do valor dos ingredientes das rações nas mais diversas fases produtivas (ROSTAGNO et al., 2007).

Muitos são os fatores que influem nesse resultado. A nutrição representa cerca de 60% a 70% dos custos totais de produção, sendo a energia o componente mais caro das dietas de suínos, portanto a determinação precisa dos conteúdos energéticos dos alimentos é de suma importância (ZIJLSTRA; BELTRANENA, 2007; BERENCHTEIN et al., 2010).

Seguindo essa linha, Coelho et al. (2011) e Payne e Zijlstra (2007) relatam que outros fatores, como genética, sistema de criação, manejo, nutrição, sanidade, reprodução, genética, produtividade, aspectos da propriedade, características do produtor e tipos de instalações, poderão interferir na eficiência produtiva da suinocultura.

Da mesma forma, Flint e Woolliams (2008) também relatam que a moderna genética molecular e quantitativa e os avanços na fisiologia reprodutiva irão fornecer as ferramentas para que essas metas possam ser cumpridas, a fim de melhorar a precisão com que os resultados da reprodução devem ser visto, evitar a introdução e avanço de características prejudiciais, gerir os recursos genéticos e a diversidade entre e dentro das populações.

Na suinocultura atual, o progresso no melhoramento genético levou a criação de um número elevado de animais, envolvendo muitas variáveis, como: diferenças nas instalações, na ambiência, no manejo geral e nos efeitos gerados pelas estações climáticas, produzindo, assim, um volume muito grande de dados com várias correlações existentes entre si. Isso prejudicou a avaliação das características importantes dos animais e a interpretação pelas análises estatísticas convencionais. Por esse motivo, necessita-se das análises multivariadas para a interpretação de conjuntos envolvendo muitas variáveis, para compreender o grau de relacionamento entre as diversas características produtivas de extrema relevância, principalmente pela existência de respostas correlacionadas entre si (HAIR et al., 2006).

Hoje em dia, é preciso levar em consideração que os negócios devem ser lucrativos, por isso necessitamos de conhecimentos eficazes. Não nos faltam informações, mas sim conhecimentos. Há tempos atrás, as informações disponíveis eram em grande parte perdidas. Hoje, com o advento da computação e os avanços tecnológicos, por meio de hardwares e softwares modernos que analisam milhares de dados complexos, essas informações são coletadas, armazenadas, analisadas e compreendidas rapidamente com a aplicação das técnicas de multivariadas. Com o uso de algumas técnicas multivariadas, é possível executar em uma única análise o que no passado era analisado por múltiplas análises, diferentemente das análises realizadas pela estatística univariada, que trata as variáveis de maneira isolada (HAIR et al., 2006).

Os sistemas e os processos, na maioria das vezes, são caracterizados por dados multivariados. As técnicas de análise de dados multivariados podem ser usadas para modelar os fatores e as respostas, encontrando a relação que existe entre esses. Nesse sentido, as informações extraídas são, geralmente, muito úteis no desenvolvimento da pesquisa para entender e compreender as características dos processos nos sistemas para a solução dos problemas encontrados (ERICSSON et al., 2006).

Na área de produção de alimentos, cada vez mais necessitamos melhorar os resultados, sendo de grande interesse conhecer se duas ou mais variáveis estão relacionadas de alguma forma. Para se identificar essas relações, serão utilizadas as análises de correlação e de regressão, as quais ajudaram a entender como determinadas variáveis influenciam outra variável, como o comportamento de uma variável pode mudar o comportamento de outra. São métodos estatísticos frequentemente utilizados para estudar o grau de relacionamento entre variáveis. A análise de regressão tem sido usada, com muita ênfase, na solução de grande parte dos problemas encontrados nas mais variadas áreas do conhecimento, principalmente, quando se pretende obter estimativas e parâmetros diversos, diminuindo, com isso, os custos de coletas de dados, ao permitir estimativas com uma boa precisão e eficiência. Por esse

propósito, realizou-se a modelagem de regressão linear, a qual consiste em um procedimento estatístico para ajustar um modelo matemático qualquer que envolve variáveis que se relacionam mutuamente (SCHNEIDER et al., 2009).

A Análise de Correlação fornece um número, indicando como duas variáveis variam conjuntamente, mede a intensidade e a direção da relação linear ou não linear entre duas variáveis. Já a análise de regressão, além de medir a associação entre uma variável resposta Y e um conjunto de variáveis independentes ( $X_1, X_2, \dots, X_p$ ), também estima os parâmetros do comportamento sistemático entre as mesmas. Os objetivos dos modelos é prever, uma vez que se espera que grande parte da variação da variável de saída seja explicada pelas variáveis de entrada, a fim de: auxiliar, também, no processo de seleção de variáveis, eliminar aquelas cuja contribuição não seja importante, ajustar os modelos, obter valores, estimar parâmetros, ter por base o modelo e os dados observados e realizando inferências sobre eles, tais como os testes de hipóteses e intervalos de confiança. (CRUZ et al., 2004; BARBOSA et al., 2010; VENTURA et al., 2011).

Entender o grau de relacionamento entre essas características produtivas é de extrema relevância, principalmente pela existência de respostas correlacionadas. O entendimento dessas associações entre diferentes variáveis contribuirá para obtenção de índices de seleção mais precisos e abrangentes, auxiliando no melhoramento genético da suinocultura (CRUZ et al., 2004).

Camargo (2013) utilizou essas análises em suas pesquisas, ao avaliar o desempenho ponderal de leitões nascidos de dois partos consecutivos, de matrizes comerciais de primeira até a quinta parição, cruzadas com três diferentes linhagens de machos comerciais, identificando que a maioria das características de interesse zootécnico, nos suínos, encontra-se correlacionada entre si.

Da mesma forma, Kummer (2013) usou a análise multivariada para determinar a associação da fertilidade suína pelas características de movimento dos espermatozoides, na análise do sêmen, assistida por computador, com o objetivo de associar o desempenho reprodutivo de machos suínos com as suas características seminais.

Rohrer (2013) relatou, em seu trabalho científico, que modelos multivariados foram ajustados para estimar covariâncias genéticas entre características estimativas de herdabilidade, de parâmetros genéticos relacionados com o comportamento de suínos em situações estressantes, necessários aos programas de seleção, projetados para produzir suínos mais dóceis. Do mesmo modo, Camargo (2013) também identificou as características reprodutivas e de crescimento de linhagens comerciais de suínos através da análise multivariada.

Gadea et al. (2004) utilizaram as análises multivariadas para avaliar o valor preditivo da fertilidade de diferentes parâmetros de esperma inseminados em 1.818 porcas, com o objetivo de correlacionar os dados de taxa de parição, semelhantes aos dados dos parâmetros do esperma. A regressão linear foi utilizada para determinar a relação entre o tamanho da ninhada e parâmetros seminais (correlação de Pearson e de regressão múltipla) com o objetivo de verificar se há diferenças na taxa de parto e

tamanho de leitegadas após o uso de diferentes ejaculações.

Rohrer (2013) relatou, em seu trabalho científico, que modelos multivariados foram ajustados para estimar covariâncias genéticas entre características estimativas de herdabilidade de parâmetros genéticos relacionados com o comportamento de suínos em situações estressantes, necessários aos programas de seleção, projetados para produzir porcos mais dóceis.

Existe uma forte preocupação nos programas atuais de melhoramento de suínos quanto à prolificidade, capacidade uterina e eficiência placentária em matrizes. Por ser poligênica e de difícil seleção por modelos convencionais, devido à alta heterogeneidade de herdabilidade, os pesquisadores Barbosa et al., (2008) justificam o uso de técnicas multivariadas como uma ferramenta na detecção de outras variáveis para aumentar a eficiência de seleção.

As correlações fenotípicas são os termos empregados para caracterizar as associações mensuráveis. É de extrema relevância entender o grau de relacionamento entre as mais diversas características produtivas pela existência de respostas correlacionadas. Esse entendimento - das associações entre diferentes variáveis - pode contribuir para obtenção de índices de seleção mais precisos, auxiliando no melhoramento genético dessas espécies, principalmente nas características com alta variabilidade ambiental ou baixa herdabilidade (CRUZ et al., 2004).

Pereira et al. (2008) utilizaram a análise de regressão como modelo econométrico voltado à identificação e mensuração dos índices de eficiência técnica e estimaram índices de eficiência de função de produção a ser obtida na criação de suínos no estado do Mato Grosso.

Tadesse et al. (2011) descreveram que através dessas análises realizaram um estudo para comparar a prevalência e o perfil de resistência antimicrobiana da *Campylobacter spp.*, isolado em cortes de suínos criados em produção convencional e livre de antimicrobianos.

Vale ressaltar que as análises multivariadas também estão auxiliando na área do melhoramento genético e na compreensão dessas correlações, como relatam Viana et al. (2000), que realizaram estudos da divergência genética entre as quatro linhagens de matrizes de frangos de corte. Ainda, Fonseca et al. (2002) utilizaram técnicas de análises multivariadas para comparar dois híbridos de frango de corte, desenvolvidos pela Universidade Federal de Viçosa, com dois híbridos comerciais, avaliando: peso ao abate, peso da carcaça, peso do peito, peso da contra coxa, peso da coxa e rendimento de carcaça. As análises multivariadas indicaram diferenças significativas entre as médias das características. Observou-se, portanto, que os híbridos comerciais foram superiores no peso do peito e da coxa.

Outras pesquisas utilizaram-se das análises multivariadas para avaliar os animais diante de situações climáticas diferentes. Nesse sentido, Lopes et al. (2012) determinaram a distribuição espacial dos aspectos físicos, climáticos e socioeconômicos que melhor caracterizam a produção de cabras leiteiras no Brasil. Mcmanus et al. (2011) realizaram estudo dos índices de produção para gado de duplo propósito na região central do Brasil, examinando os efeitos de cruzamentos de vacas com baixo potencial genético cruzados



com touros Holstein-Frisão e Simental para produzir animais com dupla finalidade e, ainda, testaram e determinaram, no Distrito Federal do Brasil, em bovinos exóticos e naturalizados, quais são as características importantes na adaptação desses animais ao estresse térmico. Paim et al. (2012) também compararam e avaliaram os índices de conforto térmico sobre o crescimento e a sobrevivência de cordeiro, no sistema de produção. Castanheira et al. (2010) desenvolveram estudos, através das análises multivariadas, de características físicas e fisiológicas em ovinos, no Distrito Federal do Brasil, para testar a capacidade de separar os grupos de animais, determinando quais características são mais importantes na adaptação dos animais ao estresse térmico e as características fisiológicas a tolerância ao calor. Os mesmos pesquisadores realizaram outra pesquisa em cavalos, no Distrito Federal, objetivando testar a capacidade dessas análises para separar grupos de animais e determinar quais características fisiológicas são mais importantes na adaptação ao estresse térmico.

Na área de piscicultura também foram realizadas pesquisas com as análises multivariadas. Os pesquisadores Turra et al. (2012) fizeram análises genéticas longitudinais para avaliar o rendimento da tilápia do Nilo com base em parâmetros genéticos, estimados entre as características, a seleção direta para peso corporal, peso de carcaça e peso filé com o objetivo de aumentar o rendimento de filé.

Sendo assim, pode-se constatar que, cada vez mais, o uso das análises multivariadas são empregadas nas pesquisas e ajudam a compreender as mais variadas relações que ocorrem no sistema produtivo.

### 3.2 Otimização interativa e modelagem matemática

Com o objetivo central de retratar a realidade de uma situação observada no cotidiano de um sistema, a otimização interativa é um ramo de estudos que visa à obtenção de conhecimento a respeito das possíveis maneiras de otimizar os procedimentos adotados para o cumprimento de uma função objetivo pré-estabelecida (BÉNABÈS et al., 2010; PANDORFI et al., 2011).

A modelagem matemática estuda as maneiras de desenvolver e programar modelos matemáticos em sistemas reais. Para tanto, é necessário conhecer o sistema a ser modelado e as relações matemáticas que descrevem os fenômenos envolvidos. Os modelos matemáticos são usados há muito tempo para entender e explicar fenômenos observados na natureza em sistemas sociais, biomédicos, de monitoramento e controle, previsões, estimativas, simulações e treinamentos (AGUIRRE, 2007).

Um dos maiores desafios, no que tange a concepção de modelagens que representem a realidade de um fenômeno ou sistema, é a capacidade da incorporação dos elementos da estrutura e os dados serem o mais “enxuto” possível, a fim de cumprir com eficácia, satisfazer as condições e limitações pré-estabelecidas no contexto do caso em questão, levando-se em conta que os recursos materiais para tal tarefa geralmente são escassos e ou limitados (BASSANEZI, 2002).

Evolutivamente, a modelagem matemática, sob o enfoque da

otimização interativa de variáveis, está ancorada proporcionalmente na modernização dos hardwares, devido ao acréscimo gradual na capacidade de se projetar, armazenar e processar os dados imputados, além de as melhorias nas maneiras com que são apresentados os outputs, por intermédio de relatórios e sumários executivos até a concepção de gráficos, imagens com alto grau de qualidade e complexidade de diagramação (BASSANEZI, 2002).

A finalidade de um modelo matemático é simular a resposta de um ou vários compartimentos ligados a uma variável ou combinação de variáveis. Usa-se essas ferramentas valiosas para melhorar o desempenho e reduzir os custos de produção, podendo estimar os requisitos, nutrientes e derivados de alimentos em cada um dos cenários da produção agrícola, tendo um papel importante no fornecimento de informações utilizadas para melhorar o processo de tomada de decisões no sistema de alimentação animal (TEDESCHI et al., 2005).

De acordo com o exposto, Lovatto e Souvant (2002) argumentam que a modelagem matemática é uma ferramenta de alto desempenho e baixo custo, que pode ser utilizada como ferramenta para melhor compreender e otimizar a performance e a veracidade dos sistemas, tornando-se prática pela facilidade de aplicação, uma vez que serve para as áreas do ensino, pesquisa e extensão.

A utilização de funções matemáticas resume informações de pontos estratégicos do desenvolvimento e descreve, em função da idade, a evolução do peso do animal. Pode-se, ainda, comparar taxas de crescimento de diferentes indivíduos em estados fisiológicos equivalentes. Tholon e Queiroz (2009) levantaram os principais modelos matemáticos utilizados no estudo de curvas de crescimento de aves, com a finalidade de estimar parâmetros genéticos.

Vários pesquisadores, de diversas áreas de estudo, já estão usando a modelagem matemática em suas pesquisas. Na área da Zootecnia, não tem sido diferente, já que a modelagem matemática tem sido usada para desenvolver modelos matemáticos nas mais variadas situações.

Corroborando com essa ideia, Soares et al. (2009) indicam que são inúmeras as possíveis aplicações dessa metodologia de trabalho na Zootecnia, que utilizam os modelos matemáticos na tomada de decisão para otimizar o uso de recursos disponíveis. O método possibilita que as exigências nutricionais das diferentes categorias de animais sejam supridas, com a busca da minimização do custo desse manejo, situação essa que se torna cada vez mais importante para qualquer produtor. Esses modelos matemáticos também são utilizados como ferramentas para estimar as exigências dos animais e o valor nutritivo dos alimentos, tornando-se importantes nas informações utilizadas no processo de tomada de decisão, ao aperfeiçoarem a eficiência técnica e econômica do sistema de alimentação (RESENDE et al., 2011).

O desenvolvimento desses modelos matemáticos que simulam processos metabólicos basais e a deposições de tecidos são necessários para estudar e compreender os processos fisiológicos na avicultura, servindo também como uma ferramenta para o aprofundamento nos processos envolvidos, assim como para a identificação de lacunas no conhecimento (MCNAMARA et al., 2000).

Kumari et al. (2012) realizaram, com o auxílio da modelagem, um estudo *in vitro* para avaliar a concentração ideal de volumoso nas rações completas utilizando bagaço de sorgo doce não convencional, um subproduto da indústria do etanol como fonte de volumoso único.

Além disso, Hublin e Zelic (2012) desenvolveram um modelo matemático do processo de codigestão de esterco de soro de leite de vaca, analisando a influência da concentração de substrato, temperatura e pH na produção de biogás/metano, através da realização de uma série de experiências laboratoriais, usando lotes de soro de leite e de estrume como substratos.

Vijayaraghavan e Vincent (2014) desenvolveram estudos para otimizar estatisticamente a produção de enzima fibrinolítico por *Pseudoalteromonas ssp. IND11*, usando substrato de esterco de vacas, por meio da metodologia de superfície de resposta. Em outra pesquisa, desenvolveram a otimização para a produção de enzima fibrinolítica por *Paenibacillus ssp. IND8*, usando farelo de trigo em fermentação, também por meio da metodologia de superfície de resposta.

Foi desenvolvido por Vargas et al. (2006) um modelo de simulação do metabolismo animal com o objetivo de simular a deposição de gordura na carcaça e a deposição de proteína na carcaça e penas, baseado no fluxo de entrada e saída de nutrientes. O modelo foi eficaz para simular a deposição de proteína e de gordura na carcaça, necessitando de ajustes nos parâmetros envolvidos nas deposições de acordo com a variabilidade dos genótipos.

No mesmo sentido, a tese de Henn (2013) desenvolveu modelos matemáticos que estimaram a emissão de CO<sub>2</sub>, baseando-se no balanço de carbono no frango e na cama de aviário, considerando crescimento, composição corporal, consumo alimentar, metabolizabilidade das dietas, produção de excretas e a emissão de CO<sub>2</sub>, pela respiração dos animais e pela fermentação da cama. Essas equações estimaram as emissões individuais de CO<sub>2</sub>, em qualquer peso, idade ou linhagem, entre 1 a 49 dias de idade. A Dissertação de Teloeken (2009) utilizou a modelagem matemática como ferramenta, auxiliando na obtenção de resultados para otimizar o sistema de tratamento mais econômico, no tratamento de dejetos de suínos nas unidades de produção. Baseou-se em uma pequena propriedade com um modelo adequado à realidade local, permitindo selecionar o sistema de tratamento mais econômico, sem agredir o meio ambiente, resultando num modelo que deveria realizar o tratamento combinando nas lagoas, a fim de reduzir a quantidade de nutrientes para níveis permitidos.

Na bovinocultura de leite, a modelagem de sistemas de produção agropecuária possibilita combinar livremente as pastagens para a composição de um sistema de alimentação. Silva Neto e Retzlaff (2004) valeram-se de um modelo para analisar uma unidade de produção agropecuária indicando que uma diminuição das culturas de grãos comerciais com a constituição de reservas de pastagens pode se constituir em uma estratégia interessante para minimizar as perdas econômicas em caso de queda de rendimento físico das forrageiras.

Finalizando, Oishi e Hirooka (2012) simularam uma modelagem levando em conta o controle de sexo e técnicas de reprodução para determinar

a idade ideal de abate, usando indicadores socioeconômicos durante todo o ciclo de vida de uma vaca, tais como: fatores biológicos (sobrevivência, crescimento, reprodução e alimentação) e fatores econômicos (custos de produção).

### 3.3 Redes neurais artificiais

Na busca por produtividade e aumento na produção de suínos, a informática tornou-se uma ferramenta indispensável para a gestão nas mais variadas atividades das empresas agropecuárias. Pelliza et al. (2007) e Silva e Jesus (2007) ressaltam a importância da informação e o valor do custo-benefício do uso dessa tecnologia e, ainda, reafirmam a importância da percepção positiva quanto ao controle da informação recebida e os benefícios destas ferramentas tecnológicas de gestão.

O desenvolvimento dos mais diversos softwares auxiliam o empresário rural na gestão do seu negócio através da organização, redução de custos e decisões mais rápidas. É notório que a informática vem ganhando espaço no processo de modernização da agropecuária, e cada vez mais é usada em propriedades rurais, tanto na área administrativa quanto de gestão, pois proporciona uma maior agilidade no fluxo de informações (LUCHESE, 2009).

Levando-se em conta a importância do tema exposto, o uso da inteligência artificial teve seu incremento aumentado. A inteligência artificial compreende os métodos, ferramentas e sistemas para resolver problemas que, normalmente, requerem o uso da inteligência humana - e entre estas se salienta as redes neurais artificiais (COSTA, 2009).

As redes neurais artificiais são paradigmas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado, rudimentarmente, na estrutura neuronal, de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência (ROCHA, 2006). Nesse sentido, uma grande rede neural artificial pode ter centenas ou milhares de unidades de processamento, já o cérebro de um mamífero pode ter muitos bilhões de neurônios. Por esse motivo os modelos neurais procuram aproximar o processamento dos computadores ao cérebro.

Haykin (2001) menciona que uma rede neural artificial é uma máquina projetada para modelar de forma simplificada a maneira como o cérebro realiza uma tarefa particular ou uma função de interesse. Da mesma maneira que o cérebro, as redes neurais artificiais são organizadas na forma de um número de elementos individuais simples (os neurônios) que se interconectam uns aos outros, formando redes capazes de armazenar e transmitir informações provindas do exterior. Enquanto os computadores funcionam de modo sequencial, proporcionando maior eficiência na resolução de tarefas, nas quais devem ser seguidas etapas, o cérebro humano funciona de modo paralelo, de forma associativa, extremamente conectada, ou seja, é mais eficiente na resolução de tarefas que exigem muitas variáveis.

O desenvolvimento de redes neurais artificiais tem por objetivo compreender o funcionamento do cérebro humano e, de alguma forma, procurar reproduzi-lo. Certos tipos de redes, segundo Coutinho Neto et al.

(2000), ensinam a si mesmas, por meio de exposição repetida de um conjunto de dados, reconhecendo características comuns entre eles e agrupando-os de forma ordenada.

Loesch e Sari (1996) e Haykin (2001) citam que apesar do software se desenvolver com instruções sequenciais, eles exploram muitas hipóteses alcançando um bom desempenho porque são modelos de processamento serial ou distribuídos via interconexão de elementos computacionais simples.

Segundo Murase (2000), a aplicabilidade das redes neurais artificiais é crescente e a redução no custo de implantação é constante, à medida que se popularizam ferramentas computacionais que permitem a inserção de novas técnicas para solução de problemas complexos, como a predição de dados não lineares e padrões de comportamento. A entrada e saída de dados dos sistemas produtivos são preditas nas análises múltiplas e paralelas das redes.

Os modelos de redes neurais artificiais têm potencial de aplicação na produção animal, mas é necessário um banco de dados que permita a compreensão das relações entre o ambiente e a exploração agropecuária (PANDORFI et al., 2006; RODRIGUES et al., 2007; VIEIRA et al., 2010).

Essas redes têm sido utilizadas nos mais diferentes tipos de pesquisa. Risi et al. (2008) avaliaram a vocalização de leitões saudáveis e doentes, Manteuffel e Schön (2002) desenvolveram um sistema que, através dos coeficientes de predição linear, aliados a uma rede neural artificial, foi capaz de reconhecer vocalizações relacionadas ao estresse em ambiente com ruído com pequenos erros de reconhecimento. Da mesma forma, Nääs (2008) implementou um algoritmo baseado em redes neurais artificiais, capaz de reconhecer a vocalizações de suínos relacionadas com padrões indicativos de bem-estar.

Pesquisas realizadas por Moral et al. (2009) valeram-se da metodologia como método rápido para a autenticação e identificação das raças de suínos Duroc e suíno Ibérico, a partir de dados coletados por espectroscopia de refletância visível ao infravermelho próximo e Nikolic et al. (2009) usaram as redes neurais artificiais para analisar as estrutura genética das populações europeias de suínos.

Os pesquisadores, Wang et al. (2008) desenvolveram um sistema para pesar suínos vivos, baseado em imagens por aproximação, não restringindo o suíno para ter uma imagem fixa. Um protocolo foi desenvolvido para selecionar as imagens capturadas e processá-las automaticamente. Nesse estudo, foram utilizadas as redes neurais artificiais para correlacionar uma infinidade de características físicas extraídas das imagens dos suínos caminhando. Os resultados mostraram que o erro relativo médio do sistema de pesagem de passeio através das imagens foi de cerca de 3%. A pesagem dos suínos é rápida e relativamente precisa reduzindo o estresse durante o processo de pesagem.

As redes neurais artificiais atuam como ferramentas de suporte e de análise em manejos específicos e em situações de campo, como: gerenciamento, estratégias de alimentação, controle de fertilidade, promoção da saúde, bem-estar animal e preservação ambiental. O uso de tais técnicas e ou ferramentas é direcionado para a tomada de decisões e para ações mais precisas do que aquelas anteriormente tomadas. A inteligência artificial, aliada

aos avanços da modelagem matemática, realizam predições de processos e de sistemas nas diferentes áreas do conhecimento, tornando-se uma grande aliada dos processos de automação e de precisão na produção animal (SILVA, 2007).

As redes neurais artificiais também tem se mostrado uma ferramentas poderosa na modelagem de um sistema. Na ciência avícola, os resultados sugerem que as redes neurais artificiais são um meio eficaz de reconhecer um sistema biológico, que consiste em um conjunto complexo de variáveis interligadas, podendo ajudar no estabelecimento de programas de alimentação específica, definindo o melhor desempenho e reduzindo os custos de produção, uma vez que otimiza o desempenho de frangos de corte com base em fatores nutricionais (AHMADI et al., 2007).

Na formulação de rações, os pesquisadores Ahmadi e Golian (2010) indicam que ao se fazer recomendações gerais para os aminoácidos, deve-se examinar vários dados publicados sobre as respostas das aves a esses aminoácidos. Eles desenvolveram uma rede neural artificial, com base em modelos, para analisar as respostas de frangos de corte para proteína treonina, a partir da análise de um conjunto de dados contendo noventa e duas doses respostas do uso da proteína treonina em frangos de corte entre 21 e 42 dias de idade. Dessa forma, o uso de abordagens matemáticas e estatísticas no desenvolvimento de uma rede neural artificial podem ajudar os pesquisadores a tirar conclusões apropriadas.

Ainda, Savegnago et al. (2011) relataram em sua pesquisa que as redes neurais são capazes de modelar qualquer função complexa. Desenvolveram um estudo que teve como objetivo investigar a possibilidade da utilização de redes neurais artificiais nos dados de produção, de duas gerações de poedeiras White Leghorn, utilizando dois modelos de ajuste para a curva de produção, uma utilizando um modelo logístico não linear e outro usando dois modelos de redes neurais artificiais. Foram utilizados os dados da taxa média de postura semanal, uma ao longo das 54 semanas para treinamento e a outra ao longo das 52 semanas para a validação da rede neural. A rede teve o melhor ajuste nas fases de teste e validação e as vantagens foram que elas podem ser montadas em qualquer tipo de conjunto de dados não requerendo suposições do modelo, como os exigidos na metodologia não linear. Afirmaram, ainda, que as redes neurais artificiais podem ser usadas como uma ferramenta alternativa para ajustar a produção de ovos.

Nesse viés, a tese de Pinto (2001) aplicou a metodologia das redes neurais artificiais para estimar parâmetros de desempenho de matrizes pesadas, pertencentes a uma integração avícola sul-brasileira. Ele concluiu que é possível explicar os parâmetros de desempenho de matrizes pesadas, permitindo, com isso, a tomada de decisões baseadas em critérios objetivos.

A inteligência artificial também está sendo usada nas predições. Pandorfi (2011), avaliou o desempenho das redes neurais artificiais na predição de índices zootécnicos com base em variáveis térmicas e fisiológicas de porcas gestantes. Agnieszka (2003), por sua vez, utilizou as redes neurais artificiais nas predições de lipoproteína de bactérias gram negativas conseguindo distinguir as lipoproteínas *SPasell*, *Spasel*, com acerto de 96,8%.

Mosier (2003), realizando predições de mutagenicidade, hepatotoxicidade e teratogenicidade de derivados de tiofeno obteve predições entre 80 e 85%, classificações consideradas muito boas. Do mesmo modo, Salle et al. (2010) realizaram pesquisa utilizando a inteligência artificial como uma ferramenta empregada para a caracterização dos genes da *Escherichia Coli* associados à virulência, as lesões provocadas pela inoculação em pintos, ao Índice de Patogenicidade das amostras e a resistência antimicrobiana a 14 antibióticos, concluindo que as redes neurais foram capazes de realizar a classificação correta do comportamento das amostras com amplitude de 87,80% a 98,37%.

Cabe ressaltar que as principais vantagens das redes neurais artificiais são a tolerância às falhas, a aplicação em tempo real, a capacidade de autoadaptação e a rápida resolução de problemas práticos, sem necessidade de definição de listas, de regras ou de modelos precisos. Logo, o objetivo das redes é resolver o problema com a menor estrutura possível, com potencial de aplicação em situações que requeiram classificação e associações de padrões, aproximação de funções e aprendizagem em áreas em que é difícil criar modelos precisos da realidade com frequentes mudanças de ambiente (HAYKIN, 2001). Por fim, com a rede treinada e validada, ela poderá ser integrada em um sistema do ambiente operacional de aplicação.

## **CAPÍTULO II (1)**

(1) Artigo a ser submetido para Revista



## ANÁLISE DAS VARIÁVEIS PRODUTIVAS DE SUÍNOS NA FASE DE TERMINAÇÃO EM DUAS ESTAÇÕES CLIMÁTICAS

### RESUMO

A presente pesquisa teve por objetivo analisar as variáveis produtivas na terminação de suínos criados em dois momentos climáticos anuais distintos, primavera/verão e outono/inverno, e comparar as diferenças ocorridas nas variáveis de produtividade. As variáveis foram coletadas e analisadas a partir do universo de 107 criadores terminadores de suínos, de uma cooperativa de criadores, situados em 47 municípios da região do Vale do Taquari, no estado do Rio Grande do Sul, no período de fevereiro e março de 2012, através da utilização de um diagnóstico com perguntas estruturadas fechadas, em conjunto com os resultados produtivos de 494 abates nos anos de 2010 e 2011. As variáveis foram coletadas e separadas em três tipos: variáveis produtivas, contínuas e nominais. Foram realizadas análises estatísticas das variáveis de peso médio vivo, ganho médio diário, conversão alimentar e taxa de mortalidade, correlações entre as variáveis produtivas e variáveis contínuas e as variáveis produtivas com variáveis nominais. Também, realizou-se a análise de regressão múltipla, comparando as duas estações. Como resultado, identificou-se que as condições ambientais e climáticas impactaram sobre a eficiência produtiva dos suínos, sendo observado maior peso médio vivo, ganho médio diário e taxa de mortalidade nos animais criados no outono/inverno. Já a conversão alimentar não apresentou efeito significativo da estação do ano.

Palavras-chave: suinocultura, estações climáticas, produtividade.

### ABSTRACT:

The present research aimed to analyse the productive variables, on swine termination production in two distinct annual weather moments, spring/summer and autumn/winter, comparing the differences occurring in the productivity variables. The variables were collected and analysed covering the universe of 120 producers of a cooperative creators located in 47 municipalities in the Taquari Valley region, in the Rio Grande do Sul state, in the period of February and March 2012, through the use of a diagnostic with structured questions, in conjunction with the productive results of the years 2010 and 2011. The variables were collected and separated into three types: continuous, productive variables and nominal. Statistical analysis of the variables were performed of living average weight, average daily gain, feed conversion ratio and mortality rate, correlations between the productive and continuous variables and productive with nominal variables. Also, multiple regression analysis comparing the two seasons. As a result, identified that environmental and climatic conditions impacted on the swine productive efficiency, being observed higher average weight, average daily gain and mortality rate in animals reared in autumn/winter. The feed conversion did not provide any significant effect of the season.

Keywords: swine production, climatic stations, productivity.

## 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é um importante setor da zootecnia nacional e apresenta um dos melhores desempenhos econômicos no cenário internacional, resultado dos avanços tecnológicos e organizacionais como a reprodução, estado nutricional, manejo sanitário, qualidade genética e produtividade do plantel (COELHO et al., 2011). Mesmo assim, em condições similares de alimentação e genética, existem grandes diferenças na produtividade final das granjas.

O Brasil, na sua maioria, é um país subtropical e tropical, caracterizando-se por altas temperaturas, que são prejudiciais à criação de suínos. O ambiente térmico brasileiro consiste em fator determinante sobre o sistema produtivo e, muitas vezes, constitui-se no responsável pelo desenvolvimento subótimo do plantel (MANNO et al., 2006). Nesse sentido, novas pesquisas têm sido desenvolvidas no intuito de se avaliar a intensidade com que o ambiente térmico prejudica o desempenho dos animais. De acordo com Fialho et al. (2001), no Brasil, onde as altas temperaturas ocorrem durante quase todo o ano, os suínos são mais prejudicados pelo estresse térmico.

O ambiente térmico influencia diretamente nas características zootécnicas importantes, como a ingestão de ração, conversão alimentar e ganho de peso de suínos (FAGUNDES et al., 2009). Kiefer et al. (2010), estudando suínos machos castrados em terminação, submetidos a altas temperaturas (32°C), encontraram uma redução principalmente no consumo de ração e no ganho de peso, variáveis estas ratificadas por (MANNO et al., 2006; BRETAS et al., 2011).

Os mesmos autores citam que a determinação de métodos capazes de contemplar a mensuração do nível de produtividade na suinocultura a partir das variações climáticas anuais são imprescindíveis para a obtenção de ganhos produtivos, pois o estresse por calor ou frio excessivos provoca distúrbios de comportamento nos animais, os quais tentam permanecer mais tempo na posição em pé e deitado, em detrimento à postura normal, além de dedicarem um menor tempo à alimentação para permanecerem dormindo, afetando negativamente o desempenho produtivo e alterando a fisiologia dos órgãos durante o crescimento (FIALHO et al., 2001; PAIANO et al., 2007; KIEFER et al., 2010).

Diante do contexto abordado, a presente pesquisa tem por objetivo principal analisar e comparar as diferenças ocorridas nos ganhos de produtividade, correlacionar variáveis produtivas com variáveis contínuas e variáveis produtivas com variáveis nominais, na fase de terminação de suínos, criados em dois momentos climáticos anuais distintos, primavera/verão e outono/inverno, através de métodos estatísticos, tendo como base de variáveis uma cooperativa de suinocultores, localizada no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente estudo, foram coletadas e analisadas variáveis num universo de 107 criadores de suínos em terminação, de uma cooperativa que

abrange 47 municípios localizados na região do Vale do Taquari, no estado do Rio Grande do Sul, entre fevereiro e março de 2012, através da utilização de um diagnóstico com perguntas estruturadas fechadas, em conjunto com os resultados produtivos de 494 lotes abatidos nos anos de 2010 e 2011.

As variáveis foram escolhidas de acordo com o contexto da suinocultura e embasadas nos referenciais teóricos encontrados em pesquisas da área. Essas variáveis foram separadas em dois tipos e encontram-se descritas abaixo:

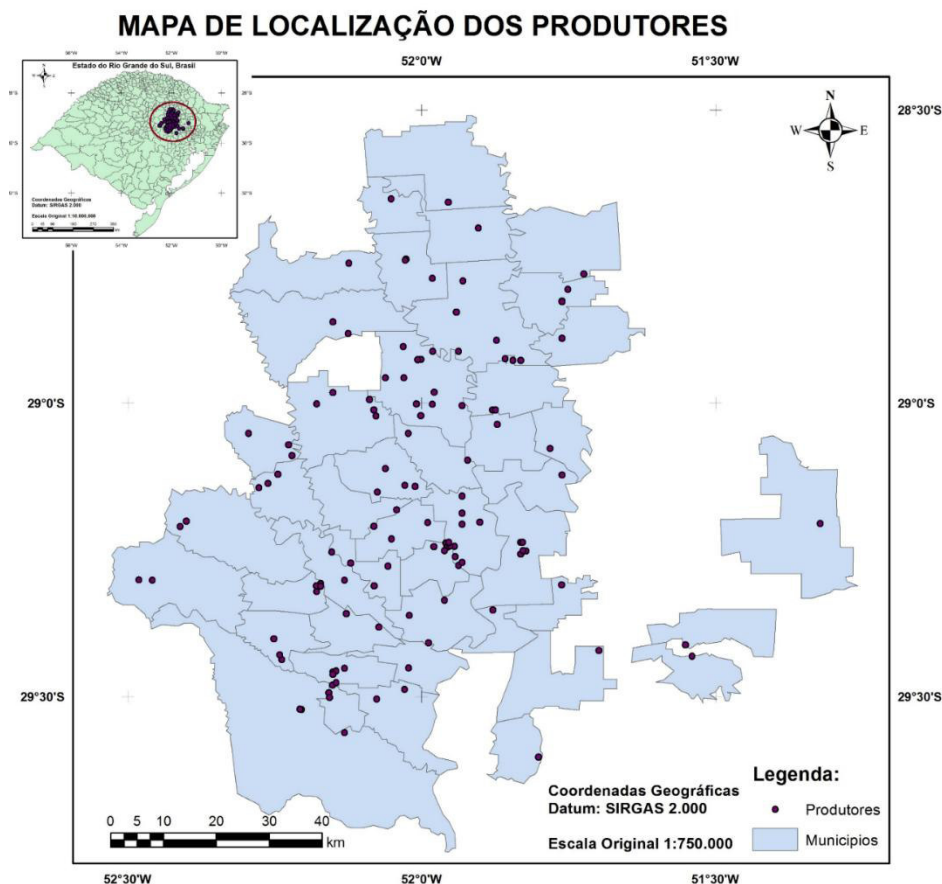
1) Variáveis Contínuas (VC): Faixa de Idade (idade), 21-30 anos, 31-40 anos, 41-50 anos, 51-60 anos e acima de 60 anos; Quantidade de Pessoas utilizadas na criação (mo\_quantidade); Tempo Dedicado a Criação em horas (mo\_tempo); Capacidade de Alojamento (cap\_alojamento); Altitude (altitude); Distância dos Recursos hídricos (td\_distância ); Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI); Dias de Produção (DP); Mortalidade (MO) em percentual; Peso Médio Vivo no abate (PMV) em kg; Conversão Alimentar (CA) e Ganho Médio Diário (GMD) em Kg.

2) Variáveis Nominais (VN): Atividade Principal do Criador (ativ\_princ), suinocultura, bovinocultura de leite, avicultura e outras; Atividade Secundária do Produtor (ativ\_sec ), suinocultura, fumiocultura, bovinocultura de leite e outras; Escolaridade (escolaridade), ensino fundamental incompleto, ensino fundamental completo, ensino médio incompleto, ensino médio completo, superior incompleto e superior completo; Orientação Solar (orientação), norte/sul, leste/oeste e outra; Tipo de Cobertura (cobertura), telha de barro ou fibrocimento; Tipo de Piso (piso), piso maciço ou vazado; Granja mais próxima (biosseg\_dist) menor que 0,5 Km, de 0,5 a 2 Km, de 2 a 4 Km e maior que 4 Km; Densidade de Rebanhos (biosseg\_densidade), 1 rebanho, 2 a 3 rebanhos e 4 ou mais rebanhos suínos: Distância das Rodovias (biosseg\_rodovias) , menor que 0,5 Km, de 0.5 a 1 Km e mais de 1 Km; Biosseguridade das Instalações (biosseg\_isolamento), com ou sem normas de biosseguridade; Distribuição da Ração (nutrição\_tdistrib) automática, automática/manual e manual ,Logística (logistica), distância de 20 a 40 km, 40 a 60 km, 60 a 80 km e acima de 80 km do frigorífico; Relevo (relevo), instalações no vale e Região (região) de atuação dos técnicos da integração, Anta Gorda, Arroio do Meio, Encantado, Guaporé, Progresso, Roca Sales e Venâncio Aires.

**Tabela 1– Variáveis Contínuas e Nominais.**

VARIÁVEIS CONTÍNUAS	VARIÁVEIS NOMINAIS
Idade	Atividade principal
Quantidade de pessoas dedicadas à atividade	Atividade secundária
Tempo dedicada à atividade	Escolaridade
Número de galpões	Descendência
Capacidade de alojamento	Orientação dos galpões
Distância dos recursos hídricos	Cobertura dos galpões
Altitude	Piso
NDVI	Distância da criação mais próxima
Dias de Produção	Número de galpões no raio de 5 km
Mortalidade	Distância das Rodovias
Peso médio vivo	Biossegurança

Conversão alimentar	Distribuição da ração
Ganho médio diário	Logística
	Relevo
	Região



**Figura 1 – Mapa de localização dos produtores nos 47 municípios da região do Vale do Taquari no Rio Grande do Sul.**

Primeiramente, foram realizadas análises estatísticas de comparação de médias através do teste t de *Student*, nas quais foi realizado um modelo de análise de variância incorporando o efeito das estações para as variáveis de produção, Peso Médio Vivo, Ganho Médio Diário, Conversão Alimentar e Taxa de Mortalidade, entre as duas estações climáticas pesquisadas (e). Considerando-se o efeito significativo das estações ( $P \leq 0,05$ ), foram feitas análises de correlação separadamente por estação, utilizando-se as correlações de Pearson para as variáveis contínuas e as correlações de Spearman para as variáveis nominais. Após as análises de correlação, todas as variáveis significativas com nível  $p \leq 0,05$  foram analisadas pela regressão múltipla. As análises estatísticas, as correlações e regressões foram realizadas utilizando o software JMP versão 10.0 (SAS Institute Inc, EUA).

## 2.1 Análise de variância dos Variáveis Produtivas

Para a comparação dos resultados obtidos nos 494 abates realizados entre os anos de 2010 e 2011 na cooperativa, a tabela 1 relaciona o desempenho obtido das quatro variáveis produtivas, para os dois períodos climáticos do estudo, nos quais se pode aferir que houve um efeito das estações sobre o ganho de peso, ganho médio diário (GMD) e peso médio vivo (PMV). Nos meses em que houve uma predominância do clima mais frio, estes aumentaram, em média, 2,75% e 5,13%, se comparado com as estações mais quentes, resultados coerentes aos relatados por Collin et al. (2001), Kerr et al. (2003) e Kiefer et al. (2010).

Porém, no que tange o estudo acerca da taxa de mortalidade dos animais, tem-se que as estações outono-inverno são mais desfavoráveis, havendo em termos médios um crescimento do total de óbitos na faixa de 15,59% se comparado à primavera-verão.

Para a Conversão Alimentar (CA), entre as estações climáticas analisadas, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 2 – Resultados estatísticos da comparação de média das variáveis observadas em relação as estações climáticas.**

Estação (e)	Taxa mortalidade (MO) (%)	Peso médio vivo (PMV) (Kg)	Conversão alimentar (CA)	Ganho médio diário (GMD) (Kg)
Outono/inverno (1)	1.9500a	114.2994a	2.2646a	0.9026a
Primavera/verão (2)	1.6869b	108.7124b	2.2824a	0.8784b
Probabilidade>t	0.0125	0.0018	0.0606	<0.0001

Com a finalidade de tornar notória a verificação da quantidade de outliers existentes na mensuração das médias utilizadas na análise anterior, com base nos testes de Tukey, na figura 1 encontram-se representados a distribuição das variáveis; Peso Médio Vivo, Conversão Alimentar, Ganho Médio Diário e Taxa de Mortalidade, para os dois períodos anuais e=1 e e=2 propostos para o estudo. Essas variáveis estão representadas por gráfico de caixa ou box plot para as duas estações de análise (Figura 2).

A partir dos gráficos, pode-se verificar que a grande maioria das variáveis de produção coletadas se encontram contidas entre a faixa mínima e máxima dos valores médios estabelecidas.

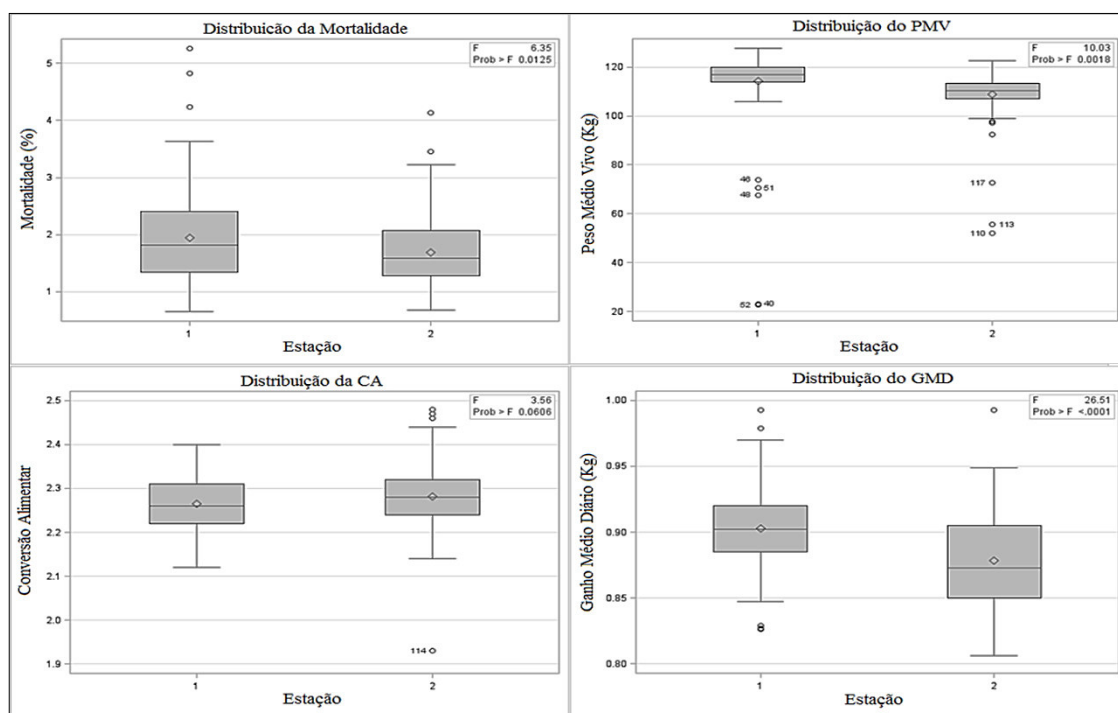


Figura 2 - Gráfico de caixa ou box plot para as duas estações de análise.

Logo após foi verificado o grau de associação entre as variáveis analisadas e a probabilidade de ocorrência entre elas nas diferentes estações do ano. Para isso, utilizou-se a correlação linear através da utilização do método desenvolvido por Karl Pearson, para analisar as relações nas variáveis contínuas com base em Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009).

Nas análises das correlações, nas variáveis nominais, foi usado o método não paramétrico de Spearman, pois as variáveis são compostas por variáveis discretas, não contínuas, e por estas variáveis não terem uma distribuição normal, com base em Pontes (2005).

Também foram analisadas as intensidades da associação linear entre os fatores. Espera-se que as interações atendam a variação localizada no intervalo entre -1 e +1, sendo possível presumir a intensidade da correlação. Foram consideradas correlações significativas às que apresentaram nível de significância igual ou menor que de 5%.

Para o arranjo das variáveis a fim de conceber a correlação, foi proposta a seguinte relação: variáveis contínuas (VC) e variáveis nominais (VN) sendo submetidas para dois momentos Climáticos anuais distintos, outono/inverno (e=1) e primavera/verão (e=2).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Caracterização da população

Inserido ao contexto dos 107 produtores encontrados, a cooperativa os divide em sete regiões, existindo para cada uma um técnico dedicado exclusivamente pelo seu atendimento. Em relação às características gerais dos

produtores, é possível afirmar que, aproximadamente, 96% desses são do sexo masculino, sendo que 64% do total estão envolvidos, prioritariamente, com atividades diretamente ligadas à suinocultura, fato considerado normal por se notar que boa parte das propriedades possuem condições para se realizar múltiplas atividades produtivas.

Quanto à escolaridade, apenas 6,6% dos pesquisados estão ou possuem titulação em cursos de graduação, enquanto que 58,3% encontram-se no outro extremo, dos que completaram ou não somente o ensino fundamental. Por fim, cerca de 56,6% dos produtores encontram-se em uma faixa de idade entre os 41 até os 60 anos, sendo que a soma dos valores que se encontram nos extremos da curva (21 a 30 e acima de 61 anos) preenche apenas 25,8% do universo adotado.

### 3.2 Análise da correlação linear

As correlações significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre as variáveis contínuas e as variáveis produtivas nos períodos (e=1) e (e=2) estão apresentadas nas figuras 3 e 4.

Na estação (e=1) outono/inverno, as correlações indicam que:

A Taxa de Mortalidade (MO) apresentou correlações positivas (0,27) em relação à quantidade de horas diárias na atividade (Mo\_quantidade) e (0,38) em relação aos dias de produção (DP), indicando que esta piora à medida que aumentam os dias de produção (DP) e a quantidade de horas diárias na atividade (Mo\_quantidade).

O Peso Médio Vivo (PMV) apresentou correlações positivas (0,21) em relação ao índice de vegetação por diferença normatizada (NDVI), indicando que este melhora à medida que aumenta o índice de vegetação por diferença normatizada.

A Conversão Alimentar (CA) apresentou correlações positivas (0,23) em relação aos dias de produção (DP) e (0,48) em relação à taxa de mortalidade (MO), indicando que esta piora seu desempenho à medida que aumentam os dias de produção e a taxa de mortalidade.

O Ganho Médio Diário (GMD) apresentou correlações positivas (0,22) em relação à taxa de mortalidade (MO) e (0,41) em relação ao peso médio vivo (PMV) e uma correlação negativa (- 0,41) em relação à conversão alimentar (CA), indicando que o ganho médio diário aumenta à medida que a taxa de mortalidade aumenta, o peso médio vivo aumenta e quando a conversão alimentar melhora.

### VARIÁVEIS CONTÍNUAS/PRODUTIVAS – ESTAÇÃO OUTONO INVERNO

**Tabela 3 - Correlações das variáveis contínuas e produtivas para as estações outono-inverno (estação 1).**

MO	mo_quantidade	R= 0.27	P= 0.046
	DP	R= 0.38	P< 0.0001
PMV	NDVI	R= 0.21	P= 0.0280
CA	DP	R= 0.23	P= 0.0175

	MO	R= 0.48	P< 0.0001
GMD	MO	R= 0.22	P= 0.0215
	PMV	R= 0.41	P< 0.0001
	CA	R=- 0.41	P< 0.0001

Na estação (e=2) primavera/verão, as correlações indicam que:

O Peso Médio Vivo (PMV) apresentou correlações positivas (0,48) em relação aos dias de produção (DP), indicando que este aumenta em relação ao aumento dos dias de produção.

A Conversão Alimentar (CA) apresentou correlações positivas (0,26) em relação à taxa de mortalidade (MO), indicando que esta piora à medida que aumenta a taxa de mortalidade.

O Ganho Médio Diário (GMD) apresentou correlações positiva (0,24) em relação à altitude e (0,29) ao peso médio vivo (PMV) e uma correlação negativa (- 0,41) em relação à conversão alimentar (CA), indicando que o ganho médio diário aumenta à medida que os animais são criados em lugares mais altos, o peso médio vivo aumenta e quando a conversão alimentar melhora.

#### VARIÁVEIS CONTÍNUAS/PRODUTIVAS – PRIMAVERA VERÃO

**Tabela 4 - Correlações das variáveis contínuas e produtivas para as estações primavera-verão (estação 2).**

PMV	DP	R= 0.48	P < 0.0001
CA	MO	R= 0.26	P= 0.0073
GMD	Altitude	R= 0.24	P= 0.0144
	CA	R= - 0.44	P < 0.0001
	PMV	R= 0.29	P= 0.0026

As correlações significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre as variáveis nominais e as variáveis produtivas nos períodos (e=1) e (e=2) estão apresentadas nas figuras 5 e 6.

Na estação (e=1) outono/invernos, as correlações indicam que:

O Peso Médio Vivo (PMV) apresentou correlações positivas (0,24) em relação à atividade principal do produtor (ativ\_princ) e (0,27) em relação ao tipo de piso utilizado na criação (piso) e negativa (0,27) em relação à atividade secundária do produtor (ativ\_sec), indicando que o peso médio vivo dos animais aumenta quando a suinocultura é a atividade principal do produtor e o piso usado nas instalações é o vazado.

A Conversão Alimentar (CA) apresentou correlação positiva (0,25) em relação ao uso de normas de biosseguridade (biosseg\_isolamento) e correlações negativas (-0,22) em relação ao tipo de cobertura nas instalações (cobertura), (-0,20) em relação ao tipo de piso usado (piso) e (-0,20) em relação ao tipo de relevo (relevo), indicando que a conversão alimentar é



melhor quando não se usam todas as normas de biosseguridade. A cobertura das instalações é do tipo telhas de fibrocimento, o tipo de piso usado é o vazado e as instalações estão localizadas no vale.

#### VARIÁVEIS NOMINAIS/PRODUTIVAS – OUTONO INVERNO

**Tabela 5 - Correlações das variáveis nominais e produtivas para as estações outono-inverno (Estação 1).**

PMV	ativ_princ	R= 0.24	P= 0.0124
	Ativ_sec	R= -0.27	P= 0.0052
	Piso	R= 0.20	P= 0.0436
CA	Cobertura	R= - 0.22	P= 0.0240
	Piso	R= - 0.20	P= 0.0372
	biosseg_isolamento	R= 0.25	P= 0.0101
	Relevo	R= -0.20	P= 0.0403

Na estação (e=2) primavera/verão, as correlações indicam que:

A Taxa de Mortalidade (MO) apresentou correlações negativas de (-0,20) em relação à distância das instalações das rodovias (biosseg\_rodovias) e (-0,22) em relação ao tipo de equipamento utilizado na distribuição da ração (nutrição\_bdistrib), indicando que a taxa de mortalidade é melhor quando as instalações estão mais distantes das rodovias (mais de 1 km) e o tipo de distribuição de ração usado para os animais é automático/manual.

O Peso Médio Vivo (PMV) apresentou uma correlação positiva (0,19) em relação à distância das instalações das rodovias (biosseg\_rodovias), indicando que o peso médio vivo é maior nas criações mais distantes das rodovias (mais de 1 km).

A Conversão Alimentar (CA) apresentou correlações negativas de (-0,21) em relação à escolaridade do produtor (escolaridade) e (-0,29) em relação à distância da criação do frigorífico (logística), indicando que a conversão alimentar é melhor quando o nível de escolaridade do produtor é maior e suas instalações estão numa distância de 20 a 40 km do frigorífico.

O Ganho Médio Diário (GMD) apresenta uma correlação positiva (0,22) em relação à distância das instalações das rodovias (biosseg\_rodovias) e uma correlação negativa (-0,20) em relação ao uso de normas de biosseguridade nas instalações (biosseg\_isolamento), indicando que o ganho médio diário é maior quando as instalações estão mais distantes das rodovias (mais de 1 km) e estas não usam todas as normas de biosseguridade.

#### VARIÁVEIS NOMINAIS/PRODUTIVAS - PRIMAVERA VERÃO

**Tabela 6 - Correlações das variáveis nominais e produtivas para as estações primavera=verão (Estação 2).**

MO	biosseg_rodovias	R= - 0.20	P= 0.0424
	nutrição_tdistrib	R= - 0.22	P= 0.0240
PMV	biosseg_rodovias	R= 0.19	P= 0.0440

CA	Escolaridade	R= - 0.21	P= 0.0275
	Logística	R= - 0.29	P= 0.0023
GMD	bioseg_rodovias	R= 0.22	P= 0.0203
	bioseg_isolamento	R= - 0.20	P= 0.0430

### 3.3 Análises das Equações de Regressão

Após as análises de correlações, submeteu-se as variáveis produtivas, Taxa de Mortalidade, Peso Médio Vivo, Conversão Alimentar e Ganho Médio Diário, nas duas estações (e=1) outono/inverno e (e=2) primavera/verão, às análises de regressão múltipla, resultando as seguintes equações:

Mortalidade (MO) na estação 1 (outono/inverno)

$$Y = -18.27 + 5.60 CA + 0.0700 DP + 0.173 mo\_quantidade$$

A mortalidade é maior quando a conversão alimentar é mais alta (pior), quando se aumenta os dias de produção dos suínos e o número de pessoas que se dedicam às atividades de produção são maiores.

Mortalidade (MO) na estação 2 (primavera/verão)

$$Y = -2,718 + 1.967 CA - 0.156 nutrição\_tdistrib (3&2 - 1)$$

A mortalidade é maior quando a conversão alimentar é mais alta (pior) e quando são utilizados, na distribuição da ração, comedouros automáticos

Peso Médio Vivo (PMV) na estação 1(outono/inverno)

$$Y = -114.16 + 201.65 GMD - 5,993 Ativ\_princ (3 - 2&1&4) + 56,100$$

NDVI

O Peso médio Vivo (PMV) é maior quando o ganho médio diário é maior, a atividade principal do criador é a suinocultura, avicultura ou outra e o nível de vegetação por diferença normatizada (NDVI) é maior.

Peso Médio Vivo (PMV) na estação 2 (primavera/verão)

$$Y = -0.121 + 1.112 DP$$

O peso médio vivo é maior quando se aumenta os dias de produção.

Conversão Alimentar (CA) na estação 1 (outono/inverno)

$$Y = 2.814 + 0.0284 MO - 0.678 GMD - 0.0162 relevo (2-1) - 0.114 bioseg\_isolamento (1-2)$$

A Conversão alimentar é melhor quando a mortalidade é menor, quando o ganho médio diário é maior, quando os animais são criados na serra e a criação não usa todas as normas de biosseguridade.

Conversão Alimentar (CA) na estação 2 (primavera/verão)

$$Y = 2.939 - 0.8097 GMD - 0.0177 logística (4&3&5 - 2&1) + 0.0317 MO - 0.0155 escolaridade (3&4 - 5&2&1&6)$$

A conversão alimentar é melhor à medida que aumenta o ganho médio diário (GMD), quando a criação for de até 20 km e mais de 80 km do frigorífico, quando a mortalidade for menor e quando o nível escolar do produtor não for ensino médio incompleto ou completo.

Ganho Médio Diário (GMD) na estação 1(outono/inverno)

$$Y = 1.304 - 0.2177 CA$$

O ganho médio diário aumenta quando a conversão alimentar é menor (melhor).

Ganho Médio Diário (GMD) na estação 2(primavera/verão)

$Y = 1.2409 - 0.1974 CA + 0.0008731 PMV - 0.0101 \text{ biosseg\_rodovias}$   
(1&3 -2)

O ganho médio diário aumenta quando a conversão alimentar é menor (melhor), o peso vivo médio é maior e as instalações dos animais ficam de 0,5 km a 1 km das rodovias.

**Tabela 7 - Regressões múltiplas para as Variáveis Produtivos nas duas estações de estudo.**

Estação	Variável dependente	Modelo	R2	DPresidual	P
1	MO	$Y = -18.27 + 5.60 CA + 0.0700 DP + 0.173 \text{ mo\_quantidade}$	0.3574	0.711	<0.0001
2	MO	$Y = -2,718 + 1.967 CA - 0.156 \text{ nutrição\_tdistrib (3\&2-1)}$	0.1108	0.603	0.0022
1	PVM	$Y = -114.16 + 201.65 GMD - 5,993 \text{ Ativ\_princ (3-2 \& 1\&4)} + 56,100 \text{ NDVI}$	0,2550	13,523	<0.0001
2	PMV	$Y = -0.121 + 1.112 DP$	0.2323	8.562	<0.0001
1	CA	$Y = 2.814 + 0.0284 MO - 0.678 GMD - 0.0162 \text{ relevo(2-1)} - 0.114 \text{ bioseg\_isolamento(1-2)}$	0.4318	0.0482	<0.0001
2	CA	$Y = 2.939 - 0.8097 GMD - 0.0177 \text{ logistica (4\&3\&5 - 2\&1)} + 0.0317 MO - 0.0155 \text{ escolaridade (3\&4- 5\&2\&1\&6)}$	0.3572	0.0616	<0.0001
1	GMD	$Y = 1.304 - 0.2177 CA$	0.3525	0.0256	<0.0001
2	GMD	$Y = 1.2409 - 0.1974 CA + 0.0008731 PMV - 0.0101 \text{ biosseg\_rodovias(1\&3 -2)}$	0.2876	0.0316	<0.0001

#### 4 CONCLUSÃO

Após realizar as análises estatísticas e as relações entre as variáveis produtivas, climáticas e estruturais, nas duas estações estudadas, podemos concluir que:

O peso médio vivo (PMV) e o ganho médio diário (GMD) dos suínos foram maiores na estação outono/inverno, nos criadores que tem a suinocultura como atividade principal e nas instalações em que o tipo de piso é vazado.

A Taxa de mortalidade, ao contrário do peso médio vivo e ganho médio diário, teve a sua menor taxa na estação primavera/verão e nas instalações mais perto da Cooperativa.

Na conversão alimentar não houve diferença significativa entre as duas estações estudadas e esta foi melhor nos produtores que: tem maior nível de escolaridade, usam a telha fibrocimento como cobertura de suas

instalações, não usam todas as normas de biosseguridade indicada pela Cooperativa, suas instalações estão na orientação leste/oeste.

O desempenho dos suínos foi influenciado pela variabilidade do clima, na estação primavera/verão, provavelmente, porque ultrapassou os limites das condições ideais de conforto animal.

As condições ambientais e climáticas tiveram impacto sobre a eficiência na produção dos suínos, principalmente no que se referiu ao peso médio vivo e ao ganho médio diário dos animais.

Finalmente, as análises demonstram, ao nível do campo, o que normalmente ocorre nos experimentos.

## 5 BIBLIOGRAFIA

BRETAS, A. A. et al. Balanço eletrolítico de suínos machos castrados em crescimento mantidos em ambientes de altas temperaturas, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 01, p. 186-194, 2011.

COELHO, L. et al., Avaliação espermática e dosagem sérica do cortisol em dois suínos em diferentes períodos do dia, **Nucleus Animalium**, v. 3, n. 1, p. 17-30, 2011.

COLLIN, A. et al. Effect of high temperature and feeding level on energy utilization in piglets. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1849-1857, 2001.

FAGUNDES, A. C. A. et al., Influência da temperatura ambiente, o nível de energia da dieta e do sexo, sobre as características de desempenho e da carcaça de suínos, **Jornal Brasileiro de Pesquisa Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 46, n. 1, p. 32-39, 2009.

FIALHO, E. T. et al. **Interações ambiente e nutrição** – Estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos. In: II Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, Concórdia, 2001.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de pearson (r), **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

KERR, B. J. et al. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environment temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1998-2007, 2003.

KIEFER, C. et al. Respostas de suínos em crescimento mantidos em diferentes ambientes térmicos, **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, n. 2, p. 496-504, 2010.

MANNO, M. C. et al., Efeitos da temperatura Ambiente sobre o desempenho de Suínos de 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 2, p. 471-477, 2006.

PAIANO, D. et al. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 29, n. 3, p. 345-351, 2007.

PONTES, A. C. F. **Análise de variância multivariada com a utilização de testes não-paramétricos e componentes principais baseados em matrizes de postos**. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SAS Institute Inc. 2011. SAS/ JMP versão 10.0, NC: SAS Institute Inc.

### **CAPÍTULO III (1)**

(1)Artigo submetido para a Revista Engenharia Agrícola (on-line)

## USO DA OTIMIZAÇÃO DE DESEMPENHO INTERATIVA NA IDENTIFICAÇÃO DO PERFIL IDEAL DE PRODUTORES TERMINADORES DE SUÍNOS

### RESUMO

O presente artigo tem por objetivo identificar, o perfil ideal para produtores terminadores de suínos, utilizando, para tanto, da otimização de desempenho interativa, a qual partiu, inicialmente, da verificação qualitativa dos critérios considerados de maior relevância para o contexto decisório, até se chegar na concepção de um modelo matemático capaz de traduzir os dados obtidos em informações quantitativas, de forma a serem capazes de predizer quais as chances de o produtor obter um melhor desempenho na suinocultura. Para a verificação do modelo, é proposto o estudo prático para um universo de 120 produtores associados a uma cooperativa localizada no Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, onde foi realizado um diagnóstico contendo perguntas semiestruturadas fechadas, as quais abrangeram aspectos socioeconômicos acerca da atividade em questão. Os resultados apontam que produtores onde a suinocultura é atividade principal, faixa etária de 31 a 40 anos, com estrutura para alojar 500 a 999 animais, com distribuição manual da ração e biossegurança, são características que conduzem a um perfil mais próximo do considerado como ideal.

Palavras-chave: suinocultura, otimização de desempenho interativa, competitividade, agronegócio.

### ABSTRACT

This article aims to identify, the ideal profile ideal profile to terminators swine breeders, using the interactive performance optimization, in which initially a qualitative verification of criteria considered most relevant to the decision-making context, until arrive at the conception of a mathematical model able to translate the data obtained in quantitative information, in order to predict what the chances of the breeder have a better performance in the swine production. For the verification of the proposed model is the practical study to a universe of 120 members located in Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, where conducted a diagnosis containing a semi-structured questions about socioeconomic aspects covering the activity in question. The results indicate that producers where swine farming is the main activity, aged 31 to 40 years, with 500 to 999 structure to house animals, manual feed and bio-distribution are characteristics that lead to a profile closer to the ideal.

Keywords: swine culture, interactive performance optimization, competitiveness, agribusiness.

## 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é um importante setor do agronegócio nacional, sendo considerada como um dos principais responsáveis pelo desempenho econômico do setor primário brasileiro no cenário internacional, devido aos avanços tecnológicos e organizacionais, que envolvem as atividades relacionadas à reprodução, ao estado nutricional, ao manejo sanitário, à qualidade genética e à produtividade do plantel (BAPTISTA et al., 2011; COELHO et al., 2011).

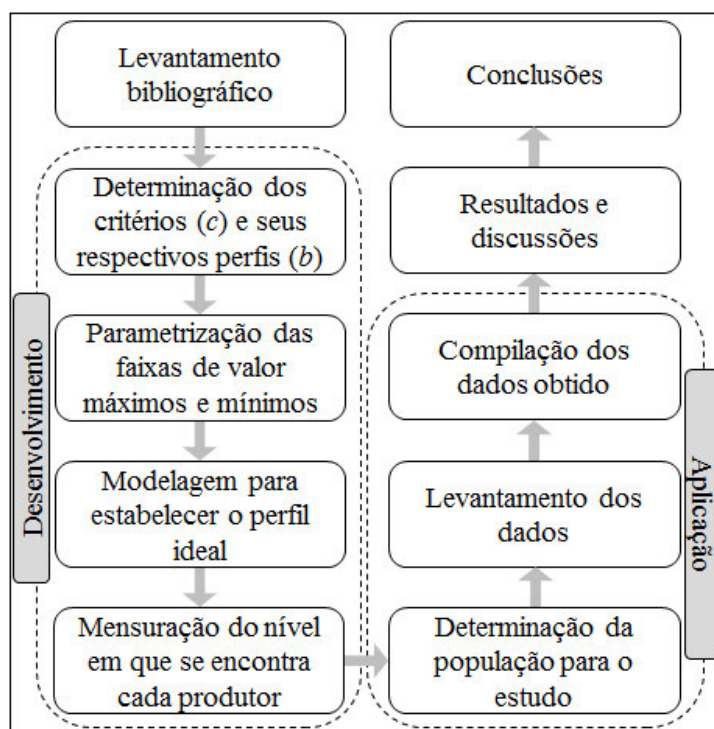
Apesar desse avanço, ainda assim são observadas discrepâncias na maneira com que ocorre o controle da produtividade nas granjas, dos quais podem resultar em prognósticos gerenciais falhos a respeito do desempenho de cada um dos produtores, gerando, para as indústrias de produção de suínos e cooperativas, um cenário de elevada imprevisibilidade (BEATTIE et al., 2000; SILVA et al., 2008).

Logo, a importância do papel da otimização interativa no contexto gerencial das operações empresariais é observada por Kaplan e Norton (2008), Porter (2009), e Parmenter (2010) de maneira convergente ao aumento dos ganhos das atividades inseridas ao contexto estudado, permitindo um incremento no nível da competitividade entre as indústrias cooperativas localizadas em uma mesma região. Coerente ao exposto, o presente artigo tem por objetivo apresentar uma otimização interativa capaz de identificar, por parte das cooperativas, o perfil ideal para produtores de suínos, com base nos critérios considerados de maior relevância para o contexto decisório em questão, possibilitando, ainda, a verificação das condições de produção para cada um dos produtores abordados no contexto, ao apontar qual a sua situação perante o perfil ideal determinado.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de atingir o objetivo, o desenvolvimento da pesquisa está embasado por meio do cumprimento de dez etapas metodológicas, conforme mostra a figura 4, partindo-se, inicialmente, do levantamento bibliográfico a respeito da suinocultura, realizado com base nos manuscritos de Beattie et al. (2000), Givant e Miranda (2004), Gonsalves e Palmeira (2006) e Ferreira (2012), dos quais chegou-se ao consenso de que o perfil do sistema de produção nacional está fortemente baseado em uma estrutura organizacional verticalizada, fato este favorecido pela sua vasta extensão territorial, produção dos principais insumos (milho e soja) e tecnologia avançada, apresentando, por consequência, custos de produção inferiores aos principais concorrentes internacionais.





**Figura 3 - Estrutura de verificação do problema.**

A partir desse embasamento, foi possível determinar os critérios (c) considerados como primordiais para a mensuração do contexto, partindo-se de um total de dezenove, divididos em três grandes grupos (Social/Econômico, Instalações/Equipamentos e Biossegurança/Logística), a fim de facilitar a verificação dos dados, nos quais cada um é constituído de uma série de perfis (b), conforme mostra a Tabela 7, de tal forma que exista a possibilidade de se elencar, individualmente, todos os produtores (p) em pelo menos um destes. Cabe um destaque especial no que tange as questões relativas às atividades principais (c=1) e secundária (c=2), pois se constatou que todos os produtores estão envolvidos com a execução de mais de uma atividade produtiva, além da suinocultura. Sendo assim, no momento em que um produtor for caracterizado como suinocultor na principal, automaticamente tal perfil foi excluído para a seleção da atividade secundária.

**Tabela 8 – Critérios e perfis selecionados para a verificação.**

<b>CRITÉRIO (C)</b>	<b>PERFIS (B)</b>
Atividade principal (1)	Outra (1); Avicultura (2); Bovinocultura de leite (3); Suinocultura (4)
Atividade secundária (2)	Outra (1); Fumicultura (2); Bovinocultura de leite (3); Suinocultura (4)
Faixa idade (3)	51 a 60 anos (1); Acima 60 (2); 21 a 30 (3); 31 a 40 (4); 41 a 50 (5)
Escolaridade (4)	Fund. incompl. (1); Fund. compl. (2); Médio incompl. (3); Médio compl. (4); Sup. incompl. (5); Sup. compl. (6)
Tipo mão-de-obra (5)	Contratada (1); Familiar (2)
Quant. mão-de-obra (6)	1 (1); 2 (2); 3 (3); 4 (4); Acima 5 (5)
Descendência (7)	Portuguesa (1); Alemã (2); Polonesa (3); Italiana (4); Outra (5)

Suínos alojados (8)	Até 499 (1); 500 a 999 (2); Acima 1000 (3)
Galpões (9)	1 (1); 2 (2); Acima de 3 (3)
Orientação solar (10)	Outra (1); Norte/Sul (2); Leste/Oeste (3)
Cobertura (11)	Telha fibrocimento (1); Telha convencional (2)
Piso (12)	Piso maciço (1); Piso vazado (2)
Granja mais próxima (13)	Menor 0,5 km (1); De 0,5 a 2 km (2); De 2 a 4 km (3); Maior 4 km (4)
Densidade rebanhos (14)	Acima de 4 (1); 2 a 3 (2); 1 (3)
Distância rodovia (15)	Menor 0,5 km (1); De 0,5 a 1 km (2); Mais de 1 km (3)
Qual. isolamento (16)	Sem biossegurança (1); Com biossegurança (2)
Distribuição ração (17)	Manual (1); Automatizada-Manual (2); Automatizada (3)
Tipo bebedouro (18)	Chupeta (1); Cocho (2)
Dist. frigorífico (19)	Mais 80 km (1); 60 a 80 Km (2); 40 a 60 Km (3); 20 a 40 Km (4); Até 20 Km (5)

Em relação à concepção da otimização interativa quantitativa, esta se inicia por meio da maximização do índice global ( $IG_{cb}$ ), determinado pelo valor que remete diretamente na definição do perfil  $b$  ideal de produtor para cada critério  $c$ , por intermédio da maximização proposta em,  $IG_{cmax}$ , mensurado a partir da definição dada pela Equação 1,

$$\max_{1 \leq b \leq n} IG_{cb} = IG_{cmax}, s. a: \begin{cases} IG_{cb} = \frac{P\gamma_{cb}}{3} \\ IG_{cmin} \leq IG_{cb} \leq IG_{cmax} \end{cases} \quad (1)$$

Sendo a  $\gamma_{cb} = \{Z_{cb}, M_{cb}, D_{cb}\}$  a variável genérica que representa os índices de conversão ( $Z_{cb}$ ), mortalidade ( $M_{cb}$ ), e ganho médio diário ( $D_{cb}$ ) propostos para otimização interativa, descritos a seguir e expressos para o caso de maneira proporcional ( $P\gamma_{cb}$ ). Para tanto, é necessária a determinação dos valores que servirão como parâmetro em relação a uma escala padronizada, possibilitando a comparação do perfil de cada produtor em relação ao considerado como ideal. Tal proposição recorre da determinação por parte dos pesquisadores de duas variáveis, denominadas como proporcional máximo  $P\gamma_{cmax} = 100\%$  e um mínimo de  $P\gamma_{cmin} = 65\%$ , definidos conforme a experiência e as expectativas destes com o estudo.

Em específico, o índice de conversão  $Z_{cb}$  está proposto em relação à busca pelos resultados que estabelecem de maneira ideal ( $Z_{cmin}$ ) a conversão alimentar  $ct_p$  relativa aos produtores que pertencem a cada perfil, sendo, para tanto, imprescindível encontrar o valor médio capaz de exprimir a melhor relação entre a função das variáveis quantidade de ração ( $r_p$ ) consumida em relação ao peso ( $w_{an}$ ) mensurado para cada um dos animais vivos ( $an$ ) repassados à cooperativa para abate, resultando na expressão descrita pela Equação 2:

$$\min_{1 \leq b \leq n} Z_{cb} = ct_p, s. a: \begin{cases} p \subset b = \{1, 2, \dots, k\} \\ Z_{cb} > 0 \\ ct_p = \left[ \frac{\sum_{an=1}^n w_{an}}{r} \right]_p \begin{cases} r_p > 0 \\ w_{an} > 0 \end{cases} \\ Z_{cmin} = ct_{min} \end{cases} \quad (2)$$

Da mesma forma, para o segundo índice, denominado por mortalidade ( $M_{cb}$ ), deve-se encontrar o valor mínimo ( $M_{cmin}$ ) capaz de exprimir a melhor relação estabelecida no parâmetro mortalidade ( $ms_p$ ), calculado por intermédio da quantidade de animais oferecidos para criação ( $d_p$ ) com o número total de mortos ( $f_p$ ) durante o processo, conforme mostrado pela Equação 3:

$$\min_{1 \leq b \leq n} M_{cb} = ms_p, s. a: \begin{cases} p \subset b = \{1, 2, \dots, k\} \\ M_{cb} > 0 \\ ms_p = \left(\frac{f}{d}\right)_p \begin{cases} f_p > 0 \\ d_p > 0 \end{cases} \\ M_{cmin} = ms_{min} \end{cases} \quad (3)$$

Por fim, o terceiro índice, determinado por ganho médio diário (GMD), disponibilizado pelo indicador,  $D_{cb}$ , visa encontrar o maior valor ( $D_{cmax}$ ) em relação às estimativas de ganho  $md_p$  verificadas a cada produtor, de acordo com a maximização estabelecida para a Equação 4, para  $j_{an}$  relativo ao peso total de cada animal no momento do abate e  $g_p$  a quantidade de dias de alojamento.

$$\max_{1 \leq b \leq n} D_{cb} = md_p, s. a: \begin{cases} p \subset b = \{1, 2, \dots, k\} \\ D_{cb} > 0 \\ md_p = \left[\frac{\sum_{an=1}^n (j)_{an}}{g}\right]_p \begin{cases} j_{an} > 0 \\ g_p > 0 \end{cases} \\ D_{cmax} = md_{max} \end{cases} \quad (4)$$

Em relação aos valores proporcionais percentuais,  $P\gamma_{cb}$  de cada produtor, para os três índices selecionados, tem-se que o seu cálculo está diretamente vinculado às estimativas de valores mínimos e máximo parametrizada anteriormente, em relação aos proporcionais,  $P\gamma_{cmax}$  e  $P\gamma_{cmin}$ , conforme mostra o cálculo proposto pela Equação 5:

$$P\gamma_{cb} \propto \gamma_{cb} \rightarrow \begin{cases} P\gamma_{cmax} = \{Z_{cmin}, M_{cmin}, D_{cmax}\} * 100 \\ P\gamma_{cmin} = \{Z_{cmax}, M_{cmax}, D_{cmin}\} * 100 \\ P\gamma_{cb} = (|\gamma_{cmax} - \gamma_{cb}|) * 100 \end{cases} \quad (5)$$

Logo, torna-se viável a mensuração do índice global,  $IG_{cb}$  dos perfis ordenados, em ordem decrescente, quanto ao seu grau de importância, obtendo-se, individualmente, os tipos de produtores que remetem à configuração considerada como ótima para o problema ( $OrIG_{cb}$ ) em relação às diferenças,  $\Delta IG_{cb}$  para os perfis localizados entre o global máximo,  $IG_{cmin}$  e mínimo  $IG_{cmax}$ , conforme as descrições realizadas nas Equações 6 e 7:

$$OrIG_{cb} = \lim_{b \rightarrow k} IG_{cb} \quad (6)$$

$$OrIG_{cb} = \begin{cases} IG_{cb} = IG_{cmin}, OrIG_{cmin} \\ IG_{cmin} \leq IG_{cb} \leq IG_{cmax}, OrIG_{cb} \propto \Delta = IG_{cmax} - IG_{cb} \\ IG_{cb} = IG_{cmax}, OrIG_{cmax} \end{cases} \quad (7)$$

A partir das proposições ideais estabelecidas, é possível realizar o agrupamento, a fim de identificar, de maneira unificada, as características que melhor remetem ao perfil considerado ideal ( $AIG$ ) do produtor para a cooperativa, por meio do conjunto,  $AIG = \{OrIG_{1max}, OrIG_{2max}, \dots, OrIG_{nmax}\}$ . Ainda, visando proporcionar ao público-alvo uma ferramenta adicional de verificação, é proposto o desenvolvimento do indicador capaz de remeter à situação dos produtores em relação aos perfis determinados como ideais na criação de suínos ( $IG_p$ ), de forma a possibilitar a mensuração individualizada da situação destes para com o sistema ao qual estão inseridos, seguindo as definições propostas para a Equação 8 em relação aos critérios estipulados.

$$IG_p = \frac{PZ_p + PM_p + PD_p}{3} \quad (8)$$

O resultado da comparação retorna um valor em unidades percentuais, de maneira que quanto mais o  $IG_p$  se aproximar de  $P\gamma_{cmax}$ , melhor será a situação do produtor, além de permitir a mensuração do *status* global dele em relação aos outros cooperativados.

Ainda, de modo a se visualizar de forma mais clara a situação do contexto, propõem-se a utilização de uma escala de valores fracionada em cinco partes: a pior, denominada como “Regular”, encontra-se em uma distribuição que permeia desde  $P\gamma_{cmin} = 65\%$  até  $70\%$ , a “Intermediária” compreende os valores contidos entre  $71\%$  e  $80\%$ , o “Bom” de  $81\%$  a  $90\%$ , o “Muito Bom” de  $91\%$  a  $99\%$  e, por fim, de acordo com  $P\gamma_{cmax} = 100\%$ , tem-se o perfil denominado como “Ideal”.

De forma a verificar, na prática, o desenvolvimento da otimização interativa proposta, a aplicação da pesquisa foi realizada em 47 municípios da região do Vale do Taquari, localizado no estado do Rio Grande do Sul, compreendendo a pesquisa o universo de 120 produtores existentes, de fevereiro e março de 2012, da utilização de um diagnóstico com perguntas semiestruturadas fechadas, em conjunto com os resultados produtivos do ano de 2011. Por fim, os dados obtidos para a otimização interativa quantitativa proposta foram compilados por meio da utilização de planilhas providas pelo software *Microsoft Excel*®.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Caracterização da população

Inserido ao contexto dos 120 produtores encontrados, a cooperativa os divide em sete regiões, existindo para cada uma um técnico dedicado exclusivamente pelo seu atendimento. Em relação às características gerais dos produtores, é possível afirmar que, aproximadamente,  $96\%$  são do sexo masculino, sendo que  $64\%$  do total estão envolvidos, prioritariamente, com

atividades diretamente ligadas à suinocultura, fato considerado normal por se notar que boa parte das propriedades possui condições para se realizar múltiplas de atividades produtivas.

Quanto à escolaridade, apenas 6,6% dos pesquisados estão ou possuem titulação em cursos de graduação, enquanto que 58,3% se encontram no outro extremo, dos que completaram ou não somente o ensino fundamental. Por fim, cerca de 56,6% dos produtores se encontram em uma faixa de idade que permeia desde os 41 até os 60 anos, sendo que a soma dos valores que se encontram nos extremos da curva (21 a 30 e acima de 61 anos) preenche apenas 25,8% do universo adotado, o que representa, de maneira fidedigna, o bom grau existente na relação entre os fatores experiência e condições físicas para o trabalho.

### 3.2 Perfil ideal encontrado

Seguindo os predispostos característicos da população encontrada, obteve-se, por meio da Tabela 8, a consolidação do resultado ideal para os dados pesquisados através da maximização do índice global ( $IG_{cmax}$ ) de cada critério, considerando, para tanto, os seguintes parâmetros mínimos e máximos para os indicadores:  $Z_{cmax} = 2,16$ ;  $Z_{cmin} = 2,43$ ;  $M_{cmax} = 0,72$ ;  $M_{cmin} = 3,61$ ;  $D_{cmin} = 0,81$  e  $D_{cmax} = 0,96$ .

Primeiramente, foi possível constatar que apenas quatro dos critérios calculados em  $IG_{cmax}$  atingiram o valor máximo de 100% proposto para a aplicação ( $c = 5, 10, 12, 13$ ) fato este derivado apenas da homogeneidade parcial dos resultados encontrados para o perfil ideal em relação aos três indicadores que o constituem, já que a sua composição está proposta pela média destes. Notoriamente, percebe-se que os resultados do índice GMD, disponibilizado por meio do valor proporcional  $PD_{cb}$ , estão entre os mais semelhantes, sendo que apenas em dois pontos ( $PD_{6max} = 97,67\%$  e  $PD_{18max} = 97,67\%$ ) tal padrão não se perpetua.

Quanto ao perfil ideal do suinocultor determinado, pode-se notar que os produtores que se dedicam à suinocultura como atividade principal possuem uma vantagem de 1,49% em relação ao segundo colocado, bovinocultura de leite que, coincidentemente, atingiu o melhor resultado como atividade secundária, representando, assim, a ótima relação existente quando da união destas para um mesmo produtor. Em relação à idade dos produtores, percebeu-se um relativo domínio dos valores de produção para aqueles que se declararam da faixa dos 31 aos 40 anos, apesar do resultado obtido para  $PZ_{3max} = 97,50\%$ , no qual predominou o perfil que compreende as idades que se encontram entre 41 e 50 anos. Para a escolaridade, tem-se uma superioridade global relativa para os que possuem ensino médio completo, pois se acredita que esses conseguiram correlacionar de maneira eficaz os estudos até este nível de escolaridade, suficiente para o desenvolvimento das suas habilidades para a criação de suínos.

A quantidade ideal de pessoas envolvidas na atividade foi a de duas pessoas, número que geralmente envolve o responsável pela propriedade e mais um integrante que, conforme observado nos melhores resultados, é alguém ligado diretamente à família, indicando que esse é o procedimento

técnico econômico mais indicado para a suinocultura, conforme se observa na predominância do resultado de  $IG_{5max} = 100\%$ .

Para as questões estruturais, foi observado que o piso vasado leva vantagem em relação ao piso maciço em 1,70% e, o telhado com cobertura tipo fibra de amianto levou vantagem de 3,60% sobre o com telha de barro. Quanto ao isolamento, houve uma tendência favorável de produção muito forte para os produtores com biossegurança, instalações cercadas com acesso por uma edificação contendo escritório, vestiário e farmácia em atenção às normas que evitam o acesso e trânsito de pessoas e veículos ao criatório.

Em relação aos três critérios que envolvem a mensuração das distâncias da granja mais próxima ( $c = 13$ ), da rodovia ( $c = 15$ ) e do frigorífico ( $c = 20$ ), notou-se que o comportamento dos resultados não seguiu um padrão, de forma que o primeiro e o terceiro estão propostos para distâncias intermediárias, enquanto o segundo para a menor proposta, sendo possível afirmar que estes não se caracterizam como fatores relevantes para a determinação do perfil ideal.

Quanto aos pontos relacionados à nutrição, foi constatado que a distribuição da ração mais indicada para os animais é a realizada manualmente ( $IG_{17max} = 100\%$ ), enquanto para o bebedouro houve uma breve predominância para o sistema que utiliza o tipo chupeta ( $IG_{18max} = 99,18\%$ ) em relação ao cocho ( $IG_{182} = 99,17\%$ ). Porém, pela proximidade dos valores, é possível descrever que tal fator não se caracteriza como de grande relevância para a determinação de uma melhor qualidade da produção.

**Tabela 9 – Conjunto de perfis considerados como ideais para cada critério.**

Critério	Perfil (AIG)	$IG_{cmax}$	$PM_{cmax}$	$PZ_{cma}$	$PD_{cmax}$	
<b>Social/Econômico</b>						
1	Atividade Principal	Suinocultura	99,17%	100,00%	97,50%	100,00%
2	Atividade Secundária	Bovinocultura leite	99,84%	99,52%	100,00%	100,00%
3	Faixa de Idade	31 a 40 anos	98,64%	98,43%	97,50%	100,00%
4	Escolaridade	Ensino médio completo	99,48%	98,43%	100,00%	100,00%
5	Tipo de Mão-de-obra	Familiar	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
6	Quantidade Mão-de-obra	2	99,18%	99,88%	100,00%	97,67%
7	Descendência	Italiana	98,29%	99,88%	95,00%	100,00%
<b>Instalações/Equipamentos</b>						
8	Nº de Suínos Alojados	500 a 999	99,96%	99,88%	100,00%	100,00%
9	Nº de Galpões	1	99,17%	100,00%	97,50%	100,00%
10	Orientação Solar	Norte/Sul	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
11	Cobertura	Telha fibrocimento	99,96%	99,88%	100,00%	100,00%
12	Piso	Piso vazado	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
13	Distribuição da Ração	Manual	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
14	Tipo de Bebedouro	Chupeta	99,18%	99,88%	100,00%	97,67%
<b>Biossegurança/Logística</b>						
15	Granja mais Próxima	De 2 a 4 km	99,84%	99,52%	100,00%	100,00%
16	Densidade de rebanhos	2 a 3 rebanhos suínos	99,84%	99,52%	100,00%	100,00%
17	Distância da Rodovia	Menor que 0,5 km	100,00%	96,12%	91,25%	100,00%

18	Qualidade do isolamento	Com biossegurança	99,84%	99,52%	100,00%	100,00%
19	Distância do Frigorífico	20 a 40 Km	99,17%	100,00%	97,50%	100,00%

### 3.3 Mensuração do nível de otimização interativa da população

Por meio dos resultados obtidos para a verificação do perfil ideal de produtor considerando o contexto da suinocultura das regiões pesquisadas, verifica-se, na sequência, a situação em que se encontram cada um dos 120 produtores estudados. Entretanto, salienta-se que o enfoque do artigo não está em especificar individualmente a situação de cada um, mas a visualização dos resultados de maneira aglutinada, conforme a escala definida anteriormente no capítulo metodológico.

Diante desse cenário, foi possível constatar que 82 dos produtores estão no grupo dos que obtiveram um bom desempenho, sendo que para 44 o resultado se encontra na faixa entre 86% a 90% do ideal, o que significa que a maioria pode evoluir o seu *status* para o considerado “Muito Bom”, onde apenas 12,5% dos produtores se encontram atualmente, visto que o maior percentual encontrado foi  $IG_{79} = 98\%$ , estando 3% acima do segundo colocado ( $IG_8 = 95\%$ ). Por fim, o resultado médio aritmético para a população submetida a verificação é igual a 85%, equivalente a um desempenho considerado como de nível “Bom”.

## 4 CONCLUSÃO

Decorrente dos fatos e dados expostos no presente artigo, acredita-se que o objetivo proposto foi devidamente atingido, pois se chegou a um conjunto de características as quais se determinaram como padrão de orientação para que os produtores otimizem os seus resultados operacionais e financeiros.

Apesar da coerência, da acurácia na coleta dos dados e da definição dos critérios, é pertinente ressaltar que tal definição de modelo ideal de criador de suínos não garante que os seus resultados serão os melhores, de forma que a sua predição tem por finalidade orientar coerentemente por meio de informações fidedignas à realidade encontrada, um indicativo de perfil capaz de remeter com maiores chances em sucesso para a atividade, ainda mais por se atingir todas as características consideradas como ideais. Por fim, para perspectivas futuras, acredita-se que o desenvolvimento e a elaboração de um software específico para este fim, remeterá, de maneira instantânea, à situação do produtor em relação ao contexto.

## 5 REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. Relatório ABIPECS 2012/2013. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/documentos.html>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

BAPTISTA, R. I. A. A. et al. Indicadores do bem-estar em suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p.1823-1830, 2011.

BEATTIE, V. E. et al. Influence of environmental enrichment on the behavior, performance and meat quality of domestic pigs. **Livestock Prod. Sc.**, Beattie, v. 65, p. 71-79, 2000.

COELHO, L. et al., Avaliação espermática e dosagem sérica do cortisol em dois suínos em diferentes períodos do dia. **Nucleus Animalium**, Ituverava, São Paulo, v. 3, n. 1, p.17-30, 2011.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/mercado.html>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

FERREIRA, R. A. **Suinocultura Manual Prático de Criação**. Aprenda Fácil: Viçosa, 2012.

GONSALVES, R. G.; PALMEIRA, E. M. Suinocultura brasileira. **Revista Acadêmica de Economia**, Pelotas, n. 71, p. 01-06, 2006.

GUIVANT J. S., MIRANDA C. R.. **Desafios para o Desenvolvimento Sustentável da Suinocultura**: uma Abordagem Multidisciplinar. Argos: Chapecó, 2004.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A Execução Premium**. Rio de Janeiro: Campus, 2008.

PARMENTER, D. **Key Performance Indicators (KPI)**: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. 2 ed. Wiley: Hoboken, 2010.

PORTER, M. **Competição**. São Paulo: Campus, 2009.

SILVA, I. J. O. et al. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, v. 37, n. 7, p.1319-1329, 2008.



## **CAPÍTULO IV (1)**

(1) Artigo submetido para a Revista Brasileira

## A UTILIZAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA A PREDIÇÃO DOS PARÂMETROS PRODUTIVOS DA SUINOCULTURA

### RESUMO

Em condições similares de manejo alimentar e genética existem grandes diferenças na produtividade final das granjas, decorrentes dos fatores inerentes do sistema de produção. Tal fato predispõe a necessidade de haver estudos focados na otimização das condições de criação das granjas, a fim de verificar quais seriam as principais limitações existentes para os produtores. A presente pesquisa utilizou a inteligência artificial, tecnologia cada vez mais usada, na tentativa de avaliar, com maior precisão, quais os fatores que, na criação de suínos, podem contribuir significativamente para um aumento da produtividade. Para tanto, a presente pesquisa objetiva identificar os parâmetros produtivos considerados como mais relevantes para os 107 produtores pertencentes a uma cooperativa de suínos, situados em 47 municípios da região do Vale do Taquari, no estado do Rio Grande do Sul, por meio de predições geradas a partir do auxílio das Redes Neurais Artificiais. Obteve-se, como principal resultado, a condição de se afirmar que o uso da metodologia das Redes Neurais Artificiais pode prever, com reduzidas margens de erro, as variáveis produtivas, conversão alimentar, mortalidade e ganho médio diário.

Palavras-chave: suinocultura, inteligência artificial, competitividade, agronegócio.

### ABSTRACT

In similar conditions of food handling and genetics, there are large differences in the final productivity of farms, resulting from inherent factors of the production system. This fact predisposes the need to have focused studies on optimizing the rearing conditions of the farms, in order to verify what are the main limitations existing for the producers. This research used the Artificial Intelligence, a technology increasingly used in an attempt to more accurately assess which factors in swine farms can significantly contribute to an increase in productivity. Therefore, the present study aims to identify the productive parameters considered as the most relevant to the 107 farmers belonging to a swine cooperative, located in 47 counties at the Taquari Valley region, in the Rio Grande do Sul state, through predictions generated from the aid of Neural Networks. It was obtained as main result the condition to assert that the use of the methodology of artificial neural networks can predict, with small margins of error, the productive variables, feed conversion, mortality and average daily gain.

Keywords: Swine culture, Artificial intelligence, Competitiveness, Agribusiness.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a carne suína é a proteína mais consumida no mundo com uma produção aproximada de 110 milhões de toneladas, sendo mais da metade produzida pela China e a União Europeia (USDA, 2010; ABIPECS, 2012/13). O Brasil ocupa a quarta colocação, com 3% desta produção, um lugar de destaque em relação ao contexto mundial, tendo um crescimento na produção e exportação anuais de, aproximadamente, 10%, se considerarmos os números absolutos dos últimos dez anos (ABIPECS, 2012/2013).

Segundo o relatório de 2012/13 da Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABIPECS), em 2012, o comércio internacional desse setor movimentou 7.05 milhões de toneladas de carne, com uma receita maior que 15 bilhões de dólares, exportados principalmente para cinco países (Japão, Rússia, México, Coreia do Sul e Hong Kong). Mesmo com as barreiras sanitárias, com aumento dos subsídios europeus e o crescimento da concorrência internacional, o Brasil exporta 8.5% desse mercado (600 mil de toneladas), com uma receita cambial aproximada de 1,49 bilhões de dólares.

A suinocultura é um importante setor da zootecnia nacional e apresenta um excelente desempenho econômico no cenário internacional, resultado dos avanços tecnológicos e organizacionais como a reprodução, estado nutricional, manejo sanitário, qualidade genética e produtividade do plantel (COELHO et al., 2011). Mesmo assim, em condições similares de alimentação e genética, existem grandes diferenças na produtividade final das granjas, devido a fatores climáticos, gerenciais, materiais e humanos relacionados ao sistema de produção, que tornam a tarefa de prever o comportamento da suinocultura imprevisível quando se deseja a otimização dos recursos alocados ao manejo dos animais.

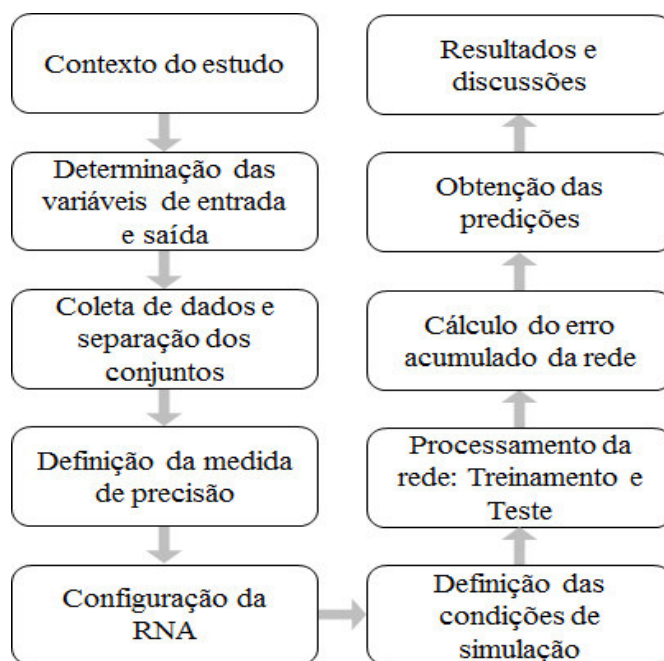
Coerente à demanda exposta, Costa (2009), Vieira et al. (2010) e Pandorfi et al. (2011) citam que a inteligência artificial, em específico as Redes Neurais Artificiais (RNA), têm sido cada vez mais utilizadas na tentativa de avaliar com maior precisão quais os fatores na criação de animais que podem contribuir significativamente para o aumento da produtividade, a fim de prever as principais limitações dos produtores cooperativados.

Em vista dos fatos, a presente pesquisa objetiva gerar previsões dos dados produtivos; conversão alimentar, ganho médio diário e taxa de mortalidade; de suínos na fase de terminação, pertencentes a uma cooperativa de criadores, a partir da utilização das variáveis de perfis dos produtores e dos resultados produtivos realizados, com o auxílio das Redes Neurais Artificiais.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa está embasado no cumprimento de dez etapas metodológicas propostas pelos autores, conforme mostra a Figura 5. Partiu-se da contextualização a respeito da suinocultura, realizado com base nos manuscritos de Beattie et al. (2000), Guivant e Miranda (2004), Gonsalves e Palmeira (2006) e Ferreira (2012), por meio dos quais se chegou ao consenso de que o perfil do sistema de produção nacional está fortemente

baseado em uma estrutura organizacional verticalizada, em função da vasta extensão territorial do País, da produção dos principais insumos (milho e soja) e do uso de tecnologia avançada. Como consequência, os custos de produção são inferiores aos principais concorrentes internacionais.



**Figura 4 – Etapas metodológicas da pesquisa.**

A partir dessa contextualização, determinaram-se dezenove variáveis de entrada (c) para o contexto, onde cada uma é constituída de uma série de perfis (b), de forma que exista a possibilidade de se elencar individualmente todos os produtores (p) em pelo menos um perfil, sendo que as variáveis foram divididas em três grandes grupos (g), conforme mostra o Tabela 9, a fim de visualizar os resultados da predição de maneira mais fidedigna à realidade abordada, com base na literatura e na experiência prática dos pesquisadores envolvidos.

**Tabela 10 – Variáveis de entrada e seus respectivos grupos.**

Variável de entrada (c)	Perfis (b)
<b>Social/Econômico (g=1)</b>	
Atividade principal (1)	Outra (1); Avicultura (2); Bovinocultura de leite (3); Suinocultura (4)
Atividade Secundária (2)	Outra (1); Fumicultura (2); Bovinocultura de leite (3); Suinocultura (4)
Faixa idade (3)	51 a 60 anos (1); Acima 60 (2); 21 a 30 (3); 31 a 40 (4); 41 a 50 (5)
Escolaridade (4)	Fund. incompl. (1); Fund. compl. (2); Médio incompl. (3); Médio compl. (4); Sup. incompl. (5); Sup. compl. (6)
Tipo mão-de-obra (5)	Contratada (1); Familiar (2)
Quant. mão-de-obra (6)	1 (1); 2 (2); 3 (3); 4 (4); Acima 5 (5)
Descendência (7)	Portuguesa (1); Alemã (2); Polonesa (3); Italiana (4); Outra (5)

<b>Instalações/Equipamentos (g=2)</b>	
Suínos alojados (8)	Até 499 (1); 500 a 999 (2); Acima 1000 (3)
Galpões (9)	1 (1); 2 (2); Acima de 3 (3)
Orientação solar (10)	Outra (1); Norte/Sul (2); Leste/Oeste (3)
Cobertura (11)	Telha fibrocimento (1); Telha convencional (2)
Piso (12)	Piso maciço (1); Piso vazado (2)
<b>Biossegurança/Logística (g=3)</b>	
Granja mais próxima (13)	Menor 0,5 km (1); De 0,5 a 2 km (2); De 2 a 4 km (3); Maior 4 km (4)
Densidade rebanhos (14)	Acima de 4 (1); 2 a 3 (2); 1 (3)
Distância rodovia (15)	Menor 0,5 km (1); De 0,5 a 1 km (2); Mais de 1 km (3)
Qual. isolamento (16)	Sem biossegurança (1); Com biossegurança (2)
Distribuição ração (17)	Manual (1); Automatizada-Manual (2); Automatizada (3)
Tipo bebedouro (18)	Chupeta (1); Cocho (2)
Dist. frigorífico (19)	Mais 80 km (1); 60 a 80 Km (2); 40 a 60 Km (3); 20 a 40 Km (4); Até 20 Km (5)

Em relação às variáveis de saída, foram elencados três dados zootécnicos, referentes ao desempenho dos suínos criados ( $s$ ): Conversão alimentar ( $ct$ ), Mortalidade ( $ms$ ) e Ganho Médio Diário ( $md$ ) ou GMD, relativos à produção de suínos correspondentes aos produtores de cada perfil.

A coleta dos dados foi realizada em 47 municípios da região do Vale do Taquari, estado do Rio Grande do Sul, entre fevereiro e março de 2012, compreendendo o universo de 120 produtores. Utilizou-se um diagnóstico com perguntas estruturadas fechadas, em conjunto com os resultados produtivos de 494 abates nos anos de 2010 e 2011. Esses dados foram separados aleatoriamente em dois conjuntos, dos quais o primeiro contém os dados necessários para o teste da rede (30% do total) e o segundo é usado para a execução do treinamento da mesma (70% do total) (BICCIATO et al., 2003; HAYKIN, 2008; PANDORFI et al., 2011). Vieira et al. (2010) e Pandorfi et al. (2011) sugerem que um prévio tratamento estatístico dos dados pode resultar em melhorias nas condições em que os resultados serão estabelecidos, principalmente quando a extensão da série de valores coletados não possui um tamanho relativamente alto, a fim de tornar mais confiável e rápida a convergência dos dados durante o processamento da rede neural artificial.

Para tanto, foi proposta a normalização ( $Nb_{cp}$ ) dos perfis característicos  $b_{cp}$  dos produtores  $p$ , devido aos perfis estarem caracterizados por variáveis discretas, a fim de adequarmos a aplicação da rede neural artificial por meio da proposta descrita pela Equação (1), a partir da prévia identificação dos produtores em um limite superior ( $b_{cmax}$ ) e inferior ( $b_{cmin}$ ) para os critérios, de modo que estes são proporcionais, respectivamente, a  $Nb_{cmax} = 1 * 10^{-4}$  e  $Nb_{cmin} = 0,65 * 10^{-4}$ , para  $T_c$  relativo ao somatório de  $b$  contidos em cada  $c$ .

$$Nb_{cp} = Nb_{cmax} - \left( \frac{Nb_{cmax} - Nb_{cmin}}{T_c - 1} \right) \left\{ \begin{array}{l} Nb_{cmax} \propto b_{cmax} = 1 * 10^{-4} \\ Nb_{cmin} \propto b_{cmin} = 0,65 * 10^{-4} \end{array} \right. \quad (1)$$

A segunda etapa foi composta pela definição da medida utilizada para a determinação do grau de precisão das diferentes possibilidades de arquiteturas da rede neural artificial e pela verificação de suas características intrínsecas e a concepção do arranjo que se ajustou de forma mais coerente para o contexto da predição em questão. Isso foi feito através do cálculo da soma dos erros médios quadrados ( $Ed_s$ ), após o processamento dos dados reais de entrada ( $Nb_{cp}$ ) e as predições ( $N'b_{cp}$ ) de saída, conforme mostra a Equação (2), onde  $d$  é o índice utilizado para identificar se o conjunto mensurado pertence ao teste ( $d=1$ ) ou ao treinamento ( $d=2$ ), para uma expectativa de resultados que esteja compreendida na faixa entre zero e 1,50 ( $0 < Ed_s \leq 1,50$ ), de acordo com o contexto abordado.

$$Ed_s = \frac{1}{2} * \sum_{c=1}^M \sum_{p=1}^N (Nb_{cp} - N'b_{cp})^2 \rightarrow \forall c \in g; s = \{ct; ms; md\} \quad (2)$$

A terceira etapa correspondeu à determinação das características estruturais da rede neural artificial. Para tanto, a rede possui como paradigma neural o tipo *feedforward perceptron*, por não possuir um grafo cujo comportamento de processamento é cíclico e estar distribuída em múltiplas camadas (*Multilayer Perceptron*), a fim de que cada uma das variáveis de entrada seja processada nas camadas intermediárias, gerando, assim, as predições utilizadas para a comparação com os valores reais determinados.

Por se tratar de um modelo que visa otimizar o valor obtido no erro,  $Ed_s$ , é necessária a utilização de um algoritmo capaz de conceber a aprendizagem da rede de forma supervisionada, demanda esta que refletiu na escolha, com base nos pressupostos de Haykin (2008), pelo método denominado por *backpropagation*, o qual possibilita o ajuste dos pesos sinápticos e o seu respectivo nível de bias, visto a sua capacidade intrínseca de reduzir a função erro do sistema.

Quanto à topologia da rede, tem-se a definição pela utilização de um total de três tipos distintos, sendo uma de entrada, uma de saída e outra intermediária, dispostos de forma oculta não linear e preenchida com um total de quatro neurônios. Com base nos resultados de diversas simulações, é possível afirmar que a função de ativação capaz de restringir a amplitude dos valores processados que retornou a melhor precisão em relação à rede foi a *tangente hiperbólica*, tanto na camada intermediária quanto na saída, calculada a partir da Equação (3), segundo (UYKAN et al., 2000).

$$\gamma(Nb_{cp}) = \tanh(Nb_{cp}) = \frac{(e^{Nb_{cp}} - e^{-Nb_{cp}})}{(e^{Nb_{cp}} + e^{-Nb_{cp}})} \rightarrow \gamma(Nb_{cp}) \in (-1,1) \quad (3)$$

As verificações foram separadas em três partes, a partir das variáveis de saída, de modo a possibilitar a visualização individual e a maneira com que se comportam cada uma das variáveis de entrada, obtendo-se, como produtos finais, gráficos capazes de identificar o quanto as estimativas se encontram desajustadas em relação aos valores reais fornecidos.

A quarta etapa consistiu no processamento da simulação da rede, iniciada pela fase de treinamento, considerando a submissão de 70% do

universo pesquisado a repetidos estímulos oriundos dos parâmetros previamente determinados em sua arquitetura estrutural, em conjunto com um rol de pesos randomicamente determinados, de modo a observar a forma com a qual ela se comporta a partir dos dados de saída calculados. Foram relacionados como critérios balizadores para determinar o final do ciclo de processamento das interações a taxa de aprendizagem supervisionada e o erro médio quadrático para o algoritmo entre as variáveis, no caso 0,1 e 0,005, respectivamente. Em caso de não se obter o perfil desejado, haverá o reajuste dos pesos dos parâmetros até que um dos critérios de parada pré-estabelecidos seja atingido, de modo a representar que a rede se encontra em condições satisfatórias de conhecimento para aplicação prática. Com o aperfeiçoamento da rede foi possível proceder com os testes para os 30% dos dados restantes, os quais serviram para a verificação do nível de desempenho da rede perante situações reais de utilização.

Ambos os procedimentos foram submetidos para cálculo ao *software SPSS Statistics 19®*, em específico a sua interface denominada *Neural Networks*, pois se julgou que esta poderia atender satisfatoriamente as demandas acerca do problema de pesquisa abordado.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 Caracterização da população**

Inserida ao contexto dos 120 produtores pesquisados, a cooperativa divide estes em sete regiões, tendo um técnico para o atendimento exclusivo de cada região. Em relação às características gerais dos produtores, é possível afirmar que, aproximadamente, 96% são do sexo masculino, sendo que 64% do total estão envolvidos, prioritariamente, com atividades diretamente ligadas a suinocultura, fato considerado normal por se notar que boa parte das propriedades possui condições para realizar múltiplas atividades produtivas.

Quanto à escolaridade, apenas 6,6% dos pesquisados estão ou possuem titulação em cursos de graduação, enquanto que 58,3% se encontram no outro extremo, dos que completaram ou não o ensino fundamental. Por fim, cerca de 56,6% dos produtores se encontram em uma faixa de idade que permeia desde os 41 até os 60 anos, sendo que a soma dos valores que se encontram nos extremos da curva (21 a 30 e acima de 61 anos) preenche apenas 25,8% do universo adotado.

#### **3.2 Aplicação das Redes Neurais Artificiais**

Primeiramente, propôs-se a utilização da rede do tipo Multilayer Perceptron (MLP), que possui como pressuposto básico a possibilidade de se definir previamente a maneira com que os parâmetros da modelagem se dispõem para a simulação. Com essas definições estabelecidas, houve a realização do processamento das redes, nas quais o primeiro resultado observado foi a maneira com que ocorreu a sumarização do universo de dados disponibilizados, a fim de verificar se o perfil de divisão estabelecido na etapa metodológica foi processado corretamente, gerando os resultados estabelecidos pela Tabela 10.

Tabela 11 – Processo sumário dos casos.

Processos	Conversão alimentar		Mortalidade		GMD	
	N	%	N	%	N	%
Treinamento	88	75,2	86	71,7	80	67,2
Teste	29	24,8	34	28,3	39	32,7
Validação	117	100	120	100	119	100
Excluídos	3	0	0	0	1	0
Total	120	0	120	0	120	0

O treinamento foi concebido por meio da utilização de, aproximadamente, 70% do universo considerado, havendo três exclusões para a Conversão Alimentar e uma relativa ao Ganho Médio Diário (GMD), a partir das diretrizes estabelecidas anteriormente. Essas (e outras) variações encontradas podem ser creditadas aos diferentes momentos em que o processamento das redes foi executado. Para as três exclusões a repetição consecutiva do erro médio quadrado ( $<0,005$ ) se estabeleceu como critério responsável por induzir a parada do ciclo de interações propostas pela *backpropagation*. As previsões, para a conversão alimentar, ficaram no intervalo entre 2.30 e 2.34, conforme mostra a Figura 5.

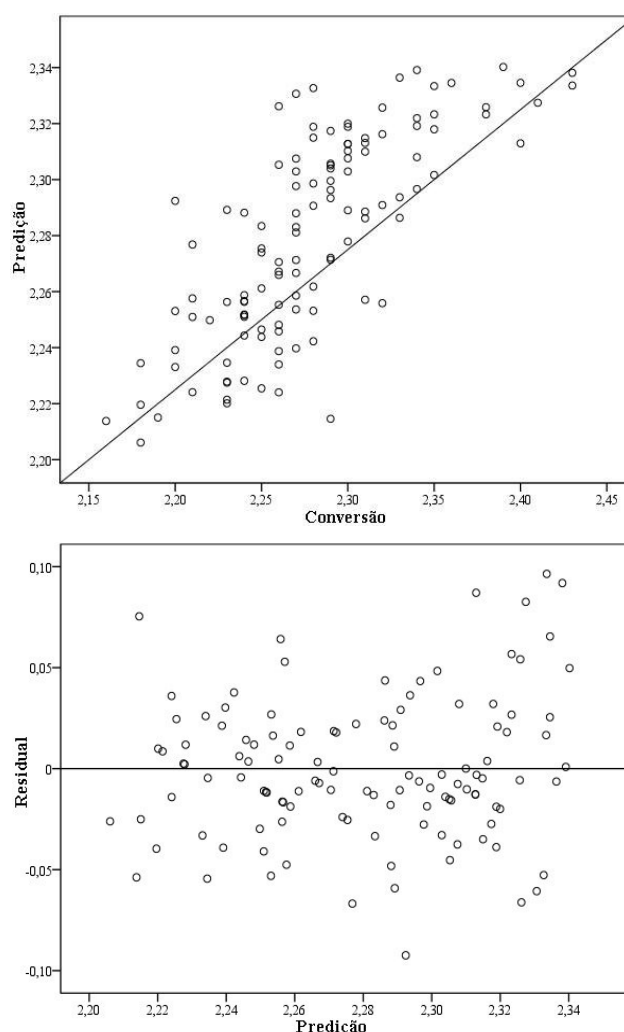


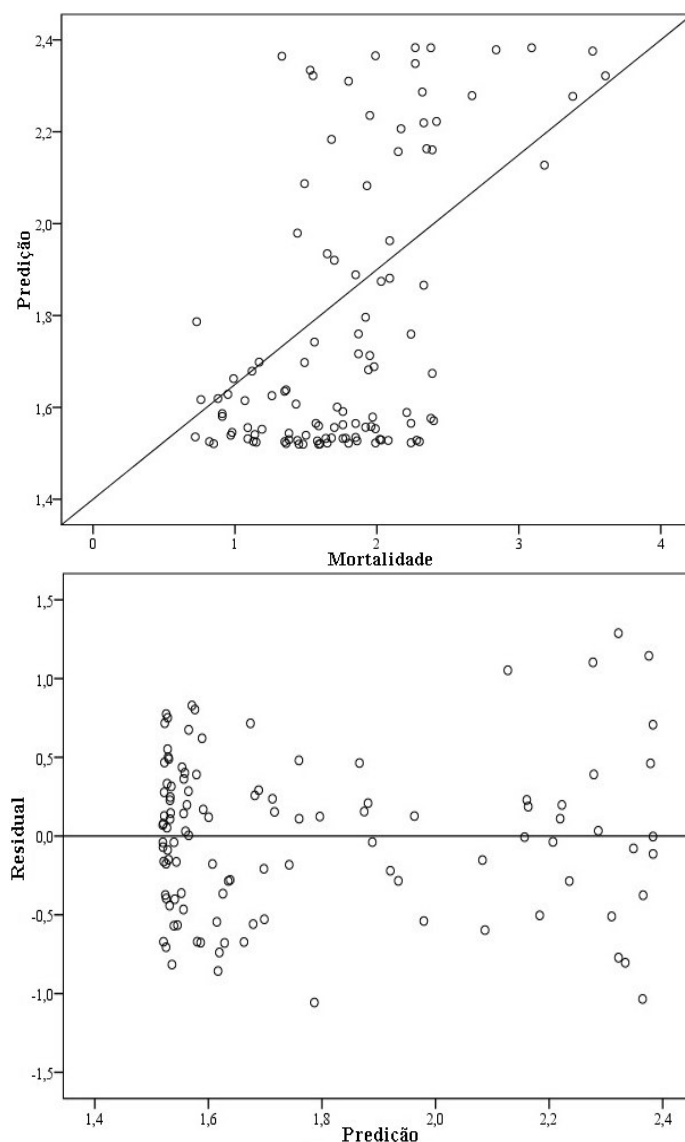
Figura 5 - Previsões e Residuais para a conversão alimentar.



Foi possível observar que os erros quadrados podem ser considerados de baixa significância para o teste ( $E1_{ct} = 0,126$ ) e para o treinamento ( $E2_{ct} = 0,126$ ), com uma polarização dos dados que se estendem majoritariamente (70,8%) aos quadrantes localizados na parte superior em relação à curva de tendência traçada pela equação  $y_{ct}(Nb_{cp}) = 0,5 * Nb_{cp} + 1,3$ , concentradas em sua maioria na região central do gráfico.

O resultado residual se mostra equivalente quanto à aproximação do eixo horizontal de origem (zero), para um deslocamento dos valores que pode ser considerado homogêneo, sem que haja uma preponderância negativa (55%) ou positiva (45%) significativa. Quanto ao grau de distorções, percebe-se que os resultados dos valores que se encontram mais próximos do limite 2,34 são os que possuem as maiores imprecisões para o montante superior (+0,11), enquanto que, para o inferior, os valores de maior imprecisão estão estabelecidos na faixa intermediária entre 2,28 e 2,30 (-0,095).

Em relação à mortalidade, as previsões ficaram no intervalo entre 1.5% e 2.45%, conforme mostra a Figura 6.

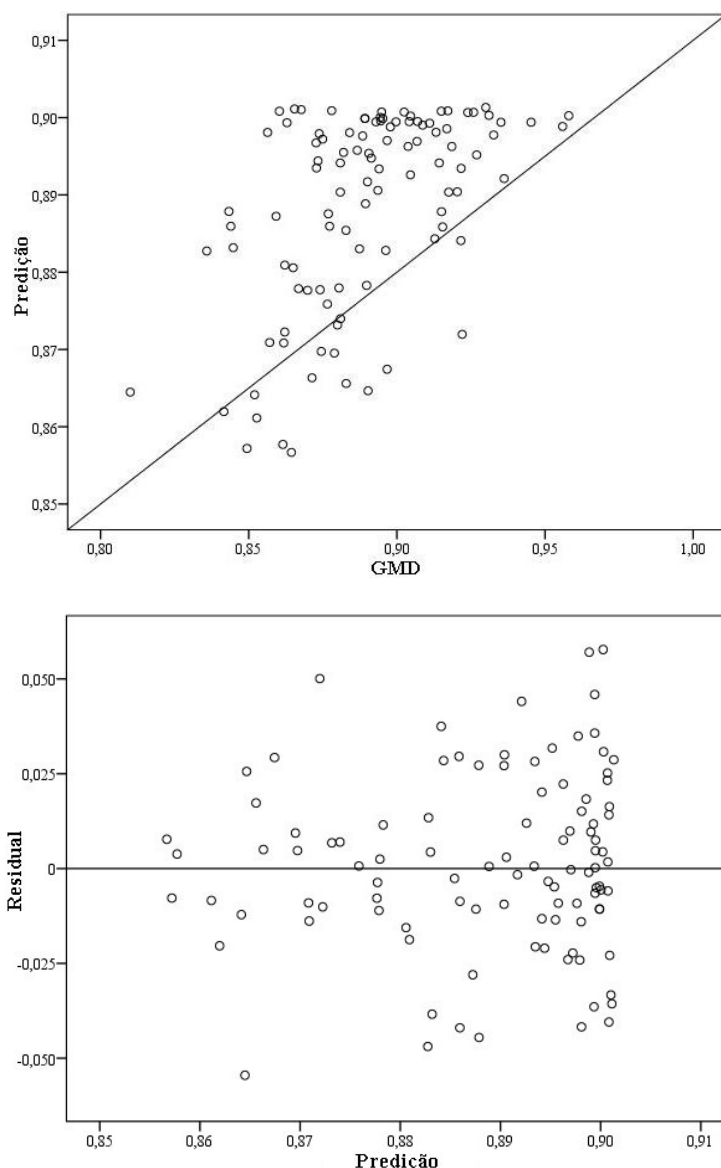


**Figura 6 - Predições e Residuais para a mortalidade.**

Pode-se perceber uma polarização na distribuição dos dados localizada nos quadrantes inferior esquerdo e superior direito se considerada a curva de tendência  $y_{md}(Nb_{cp}) = 0,5 * Nb_{cp} + 1,3$ , havendo uma maior concentração de valores na primeira (61,7%) em comparação à segunda (20,0%), consolidando, assim, uma tendência dos critérios estabelecidos influenciarem mais fortemente algum destes dois extremos.

Na medida do erro médio, observou-se que os valores para o teste ( $E1_{ms} = 1,187$ ), diferentemente do treinamento ( $E2_{ms} = 0,357$ ), não se aproximaram tão fortemente de zero, mas ainda estão compreendidos na faixa de valores considerada como aceitável para o contexto. Para os resíduos, novamente houve uma maior dispersão para os pontos localizados nas predições de mortalidade mais afastadas de zero, ou seja, as menos recomendadas aos produtores, onde tanto a mais inferior (-1,2) quanto a superior (+1,4) estão contidas em  $2,2 < ms < 2,4$ , sendo possível afirmar que os piores desempenhos são os que possuem as maiores imprecisões.

Em relação às predições do Ganho Médio Diário (GMD), ficaram no intervalo entre 0.855 g e 0.903 g, conforme mostra Figura 7, 85% dos valores se encontram concentrados acima da curva de tendência,  $y_{ms}(Nb_{cp}) = 0,3 * Nb_{cp} + 0,61$ , denotando uma forte tendência dos produtores possuírem um desempenho aproximadamente uniforme, fato esse que se confirma com a baixa variação tanto dos dados reais (0,04) quanto das predições (0,10) para a distribuição normal da série. Ainda, é possível afirmar que os critérios não exercem uma predominância significativa para a melhora ou não da produção de suínos nas granjas, a partir de erros médios equivalentes a  $E1_{md} = 0,634$  e  $E2_{md} = 0,151$  coerentes ao intervalo considerado ideal.



**Figura 7 - Predições e Residuais para a GMD.**

Para os resíduos, tem-se um comportamento relativamente semelhante ao descrito no caso da mortalidade, onde os pontos imprecisos estão localizados, aproximadamente, em 0,90, porém havendo uma exceção para o *outlier* inferior que se encontra entre 0,86 e 0,87 (-0,051).

#### **4 CONCLUSÃO**

De acordo com os resultados obtidos, é possível afirmar que o uso da inteligência artificial, em específico as redes neurais artificiais, foram considerados viáveis, para predição dos índices zootécnicos: Conversão alimentar, Mortalidade e Ganho Médio Diário (GMD) da suinocultura, pois os resultados obtidos através da soma dos erros médios quadrados convergiram para valores aproximados a zero, a partir dos critérios de entrada e variáveis de saída previamente delimitados ao estudo.

As redes neurais artificiais, através de critérios científicos, permitiram prever dados produtivos, realizar simulações e medir o quanto cada variável explica cada fenômeno. Serviram ainda de suporte para as tomadas de decisões dos gestores da cadeia de suinocultura.

Para futuros estudos, espera-se aplicar ao mesmo universo de produtores outras técnicas de predição, como os modelos Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) e Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH), a fim de notar se os resultados destes em relação às redes neurais artificiais possuem convergência ou não.

## 5 REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABIPECS. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. Relatório ABIPECS 2012/2013. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/pt/documentos.html>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

BEATTIE, V. E. et al. Influence of environmental enrichment on the behavior, performance and meat quality of domestic pigs. **Livestock Prod. Sc.**, Reino Unido, v. 65, p. 71-79, 2000.

BICCIATO, S. et al. Pattern identification and classification in gene expression data using an auto associative neural networks model. **Biotechnology Bioengineering**, Padova, v. 81, n. 5, p. 594-606, 2003.

COELHO L. et al., Avaliação espermática e dosagem sérica do cortisol em dois suínos em diferentes períodos do dia, **Nucleus Animalium**, Ituverava, v. 3, n.1, p. 18-30, 2011.

COSTA, E. J. X. Artificial intelligence in Animal Science. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 390-396, 2009.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/mercado.html>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

FERREIRA, R. A. **Suinocultura Manual Prático de Criação**. Aprenda Fácil: Viçosa, 2012.

GUIVANT J. S.; MIRANDA C. R., **Desafios para o desenvolvimento sustentável da suinocultura**. Chapecó: Editora Argos, 2004.

GONSALVES, R. G.; PALMEIRA, E. M. Suinocultura brasileira. **Revista Acadêmica de Economia**, Pelotas, n. 71, p. 01-06, 2006.

PANDORFI, H. et al. Uso de redes neurais artificiais para predição de índices zootécnicos nas fases de gestação e maternidade na suinocultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 3, p. 676-681, 2011.

PARMENTER, D. **Key Performance Indicators (KPI):** Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. 2 ed. Wiley: Hoboken, 2010.

UYKAN, Z. et al. Analysis of input-output clustering for determining centers of RBFN. **IEEE Transactionson Neural Networks**, Finlândia, v. 11, 2000.

USDA, United States Department of Agriculture, 2010, Anual report USDA. Disponível em:

<http://usdasearch.usda.gov/search?utf8=%E2%9C%93&affiliate=usda&query=Anual+report+2010&x=20&y=8&commit=Search>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

VIEIRA, F. M. C. et al. Productive losses on broiler preslaughter operations: effects of the distance from farms to abattoirs and of lairage time in a climatized holding area. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 2471-2476, 2010.

## **CAPÍTULO V**

## 1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No objetivo “avaliar, através da análise multivariada, as variáveis produtivas dos suínos na fase de terminação”, foram realizadas análises estatísticas entre as variáveis produtivas, climáticas e estruturais, nas duas estações estudadas. Nesse sentido, o desempenho dos suínos foi influenciado pela variabilidade do clima na estação primavera/verão, provavelmente porque ultrapassou os limites das condições ideais de conforto animal.

As condições ambientais e climáticas tiveram impacto sobre a eficiência na produção dos suínos, influenciaram ainda as condições socioeconômicas dos criadores e a diferença entre as instalações onde os animais eram criados. Além disso, realizaram-se análises de correlações e regressão múltipla, identificando as variáveis que mais influenciaram os dados produtivos.

No objetivo “formular um modelo matemático indicando o perfil ideal para produtores terminadores de suínos através da otimização de desempenho interativa”, observou-se que, no Brasil, há uma carência no desenvolvimento de modelos matemáticos de processos e sistemas produtivos. Entretanto, é pertinente ressaltar que tal definição de modelo ideal de criador de suínos não garante que os seus resultados serão os melhores, de forma que a sua predição teve por finalidade orientar coerentemente, por meio de informações fidedignas à realidade encontrada, um indicativo de perfil capaz de remeter, com maiores chances, sucesso para a atividade, ainda mais por se atingir todas as características consideradas como ideais. Esta poderá, ainda, ser capaz de prever quais as chances de o produtor obter formas de maximizar seus resultados econômicos na atividade suinícola

No objetivo “diferenciar os suinocultores em classes de alta, média e baixa produção”, os produtores foram classificados em três classes, considerando-se o perfil ideal dos suinocultores: Alta produção: 15 produtores com desempenho entre 91 e 99%; Média produção: 86 produtores com desempenho entre 81 e 90%; e Baixa produção: 19 produtores com desempenho entre 70 e 80%.

No objetivo “realizar a predição dos parâmetros produtivos, com o auxílio do software de redes neurais artificial, nos produtores de uma empresa na região central do Rio Grande do Sul”, usou-se a inteligência artificial, em específico as redes neurais artificiais, para predição dos índices zootécnicos: Conversão alimentar, Mortalidade e Ganho Médio Diário (GMD) da suinocultura. Estas foram consideradas viáveis, porque, através de critérios científicos, permitiram prever dados produtivos, realizar simulações e medir o quanto cada variável explicou cada fenômeno.

A originalidade da presente tese se deu através da análise do sistema suinícola por três métodos diferentes, permitindo ponderar as variáveis que interferiram na eficiência produtiva da suinocultura na região e apresentar as variáveis mais importantes, capazes de provocar diferenciação na eficiência produtiva das propriedades. É uma proposta flexível que pode ser ajustada às necessidades específicas de cada indústria, servindo também de suporte para as tomadas de decisões dos gestores da cadeia de suinocultura.

## 2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, L. A. **Introdução à identificação de Sistemas**: técnicas lineares e não lineares aplicadas a sistemas reais. 3. ed. Minas Gerais: Editora UFMG, 2007. 730 p.

AHMADI, H. et al. Group method of data handling-type neural network prediction of broiler performance based on dietary metabolizable energy, methionine, and lysine. **The Journal of Applied Poultry Research**, Oxford, Reino Unido, v. 16, p. 494-50, 2007.

AHMADI, H.; GOLIAN, A. The integration of broiler chicken threonine responses data into neural network models. **Poultry Science**, Oxford, Reino Unido, v. 89, n. 11, p. 2535-2541, 2012.

ANGNIESZHA, S. J. et al. Prediction of lipoprotein signal peptides in gram-negative bacteria. **Protein Science**, Bethesda Estados Unidos, v. 12, n. 8, p. 1652-1662, 2003.

BAPTISTA, R. I. A. A. et al. Indicadores do bem-estar em suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 10, p.1823-1830, 2011.

BARBOSA, L. et al. Estimação de parâmetros genéticos em tamanho de leitegada de suínos utilizando análises de características múltiplas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 11, p. 1947-1952, 2008.

BARBOSA, L. T. et al. Associação entre qualidade da carne e características quantitativas de suínos por meio de correlação canônica. **Rev. Bras. Saúde Prod. Animal**, Viçosa, v. 11, n. 4, p. 1150-1162, 2010.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo: Editora Contexto, 2002.

BEATTIE, V. E. et al. Influence of environmental enrichment on the behavior, performance and meat quality of domestic pigs. **Livestock Production Science**, Reino Unido, v. 65, p. 71-79, 2000.

BÉNABÈS, J. et al. Interactive optimization strategies for layout problems. **Int J Interact Des Manuf**, Nantes, France, v. 4, n. 3, p. 181-190, 2010.

BERENCHTEIN, B. et al. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 7, p. 1491-1496, 2010.

BICCIATO, S. et al. Pattern identification and classification in gene expression data using an auto associative neural networks model. **Biotechnology Bioengineering**, Padova, v. 81, n. 5, p. 594-606, 2003.



BRETAS, A. A. et al. Balanço eletrolítico de suínos machos castrados em crescimento mantidos em ambientes de altas temperaturas, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 01, p. 186-194, 2011.

CAMARGO, E. G. **Análise multivariada de características reprodutivas e de crescimento de linhagens comerciais de suínos**. 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

CASTANHEIRA, M. et al. Multivariate analysis for characteristics of heat tolerance in horses in Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, Goiania, v. 42, n. 2, p. 185-191, 2010.

COELHO, L. A. F. et al. Avaliação espermática e dosagem sérica de cortisol em dois suínos em diferentes períodos do dia. **Nucleus Animalium**, Ituverava, v. 3, n. 1, p. 17-30, 2011.

COLLIN, A. et al. Effect of high temperature and feeding level on energy utilization in piglets. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1849-1857, 2001.

COSTA, E. J. X. Inteligência artificial aplicada à Zootecnia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 390-396, 2009.

COUTINHO NETO, B. **Redes neurais artificiais com procedimento para retroanálise de pavimentos flexíveis**. 2000. 119 f. Dissertação (Mestrado) - EESS, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

CRUZ, C. D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480 p.

Dados setoriais da ABIPECS (2012/13) **Relatórios da Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora da Carne Suína**; USDA (2013) United States Department of Agriculture; MAPA (2013) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/mercado-interno>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Suinos/SPSuinos/mercado.html>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

ERICSSON, S. et al. **Process analysis Course Materials**. Division of Chemical Technology, Luleå University of Technology, 2006.

FAGUNDES, A. C. A. et al., Influência da temperatura ambiente, o nível de energia da dieta e do sexo, sobre as características de desempenho e da

carcaça de suínos, **Jornal Brasileiro de Pesquisa Veterinária e Zootecnia**, São Paulo, v. 46, n. 1, p. 32-39, 2009.

FERREIRA, R. A. **Suinocultura Manual Prático de Criação**. Aprenda Fácil Editora: Viçosa, 2012. p. 433.

FIALHO, E. T. et al. **Interações ambiente e nutrição** – Estratégias nutricionais para ambientes quentes e seus efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos. In: II Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, anais, Concórdia, 2001, p. 351-359.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de pearson ( $r$ ), **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

FLINT, A. P. F.; WOOLLIAMS, J. A. Precision animal breeding. **Philosophical Transactions Royal Society**, Edinburgh Escócia, v. 363, n. 1491, p. 573-590, 2008.

FONSECA, R. et al. Carcass traits multivariate analysis techniques in broilers evaluation. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 54 n. 5, p. 525-529, 2002.

GADEA, J. et al. The Predictive Value of Porcine Seminal Parameters on Fertility Outcome under Commercial Conditions. **Reproduction in domestic animals**, Berlin, Alemanha, v. 39, n. 5, p. 303-308, 2004 .

GONSALVES, R. G.; PALMEIRA, E. M. Suinocultura brasileira. **Revista Acadêmica de Economia**, Pelotas, n. 71, p. 01-06, 2006.

GUIVANT J. S., MIRANDA C. R. **Desafios para o Desenvolvimento Sustentável da Suinocultura**: uma Abordagem Multidisciplinar. Concórdia: Editora Argos / Coedição Embrapa, 2004. p. 332.

HAIR, J. F. et al. **Multivariate Data Analysis**. New York: Editora Prentice Hall, 2006. p. 816.

HAYKIN, S. **Redes neurais**: princípios e prática. 2. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

HENN, J. D. **Modelagem de emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte**. 2013. 182 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

HUBLIN, A.; ZELIĆ, B. Modelling of the whey and cow manure co-digestion process Waste, Management & Research. **Journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association**, Zagreb, Croácia, v. 31, n. 4, p. 353-360, 2012.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A Execução Premium**. Rio de Janeiro: Campus Editora, Rio de Janeiro, 2008. p. 344.

KERR, B. J. et al. Influences of dietary protein level, amino acid supplementation and environment temperature on performance, body composition, organ weights and total heat production of growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1998-2007, 2003.

KIEFER, C. et al. Respostas de suínos em crescimento mantidos em diferentes ambientes térmicos, **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, n. 2, p. 496-504, 2010.

KUMARI, N. N. et al. Optimization of roughage to concentrate ratio in sweet sorghum bagasse based complete ration for efficient microbial biomass production in sheep using in vitro gas technique. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, India, v. 3, n. 4, p. 247-257, 2012.

KUMMER, A. B. et al. Multivariate analyses for determining the association of field porcine fertility with sperm motion traits analysed by computer-assisted semen analysis and with sperm morphology. **Reproduction in domestic animals**, Porto Alegre, v. 48 n. 5, p. 747-54, 2013.

LOESCH, C.; SARI, S. T. **Redes neurais artificiais: fundamentos e modelos**. Blumenau: FURB, 1996.

LOPES, F. B. et al. Spatialization of climate, physical and socioeconomic factors that affect the dairy goat production in Brazil and their impact on animal breeding decisions. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 11, p. 1073-1081, 2012.

LOVATTO, P. A.; SAUVANT, D. Premissas básicas para o desenvolvimento de modelos na agricultura. In: EVERLING, D. M. et al. (Ed). **Modelos Para a Tomada de Decisões na Produção de Bovinos e Ovinos**. Santa Maria: UFSM, 2002. p. 9-33.

LUCHESI, D. **Desenvolvimento de um sistema computacional para tratamento de dados meteorológicos no setor de agroenergia**. 2009. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2009.

MACHADO, F.; ABREU, M. **Projeto de banco de dados**. São Paulo: Editora São Paulo, 2002.

MANNO, M. C. et al., Efeitos da temperatura Ambiente sobre o desempenho de Suínos de 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 2, p. 471-477, 2006.

MANTEUFFEL, G.; SCHÖN, P. C. **Measuring pig welfare by automatic monitoring of stress calls**. Bornimer: Agrartechnische Berichte Editor, 2002. 67 p. Obs: fora da ordem alfabética.

MCMANUS, C. et al. Production indices for dual purpose cattle in central Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p. 1576-1686, 2011.

MCMANUS, C. et al. Use of multivariate analyses for determining heat tolerance in Brazilian cattle. **Tropical Animal Health and Production**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 623-360, 2011.

MCNAMARA, J. P. et al. **Modeling nutrient utilization in farm animals**. London: CAB International, 2000.

MEDEIROS, J. S., PIRES, F. Banco de Dados e Sistemas de Informações Geográficas. In: ASSAD, E. D. **Sistema de Informações Geográficas**. Aplicações na Agricultura. Brasília: Embrapa. SP / CPAC, 1998. 434 p.

MONSIEUR, P. D. et al. Predicting the genotoxicity of thiophene derivatives from molecular structure. **Chemical Research in Toxicology**, Pensilvânia, Estados Unidos, v. 16, n. 6, p. 721-732, 2003.

MORAL, F. G. et al. Duroc and Iberian pork neuralnetwork classification by visible and near infrared reflectance spectroscopy. **Journal of Food Engineering**, Granada, Espanha, v. 90, n. 4, p. 540-547, 2009.

MURASE, H. Artificial intelligence in agriculture. **Computers and Eletronics in Agriculture**. Reino Unido: Editora Pergamon, 2000. p. 178.

NÄÄS, I. A. et al. Uso de redes neurais artificiais na identificação de vocalização de suínos. **Engenharia Agrícola**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 204-216, 2008.

NIKOLIC, N. et al. What do artificial neural networks tell us about the genetic structure of populations? The example of European pig populations. **Genetics Research**, Cambridge University Press, v. 91, n. 2, p. 121-132, 2009.

OISHI, K.; HIROOKA, H. Effects of sex control and twinning on economic optimization of culling cows in Japanese Black cow-calf production systems. **US National Library of Medicine National Indtitutes of Hearlth**, Kyoto, Japão, v. 77, n. 2, p. 320-330, 2012.

PAIANO, D. et al. Comportamento de suínos alojados em baias de piso parcialmente ripado ou com lâmina d'água. **Acta Scientiarun Animal Science**, v. 29, n. 3, p. 345-351, 2007.

PAIM, T. P. et al. Relation between thermographic temperatures of lambs and thermal comfort indices. **International Journal of Applied Animal Sciences**, Bangkok, v. 1, p. 108-115, 2012.

PANDORFI, H. et al. Uso de redes neurais artificiais para predição de índices zootécnicos nas fases de gestação e maternidade na suinocultura. **R. Bras. Zootec.**, Recife, v. 40, n. 3, p. 676-681, 2011.

PAYNE, R. L.; ZIJLSTRA R. T. A Guide to application of net energy in swine feed formulation. **Advances in Pork Production**, Alberta, Canada. v. 18, p. 159, 2007.

PARMENTER, D. **Key Performance Indicators (KPI):** Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. New Jersey. 2 ed. Editora John Wiley & Sons, 2010. p. 320.

PELLIZA, B. R. et al. Monitoramento das patologias em suínos no período de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 3, p. 614-620, 2007.

PEREIRA, B. D. et al. Technical efficiency in swine breeding: Effect of the expenses with the environment and the fiscal renunciation, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 200-204, 2008.

PINTO, P. R. et al. **Utilização de inteligência artificial (redes neurais artificiais) no gerenciamento de reprodutoras pesadas de uma empresa avícola do sul do Brasil.** In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13., 2001, Porto Alegre. **Livro de resumos...** Porto Alegre: UFRGS, 2001. P. 154.

PONTES, A. C. F. **Análise de variância multivariada com a utilização de testes não-paramétricos e componentes principais baseados em matrizes de postos.** 117 f. Teses (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PORTER, M. **Competição.** São Paulo: Elsevier Editora, 2009. p. 854.

REZENDE, P. L. P. et al. Validation of mathematical models for prediction of voluntary consumption and weight gain of beef cattle. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, Argentina, v. 60, n. 232, p. 921-930, 2011.

RISI, N. et al. Use of Artificial Intelligence to Identify Vocalizations Emitted by Sick and Healthy Piglets. **Livestock Environment**, São Paulo, v. 3, p. 01-04, 2008.

ROCHA, F. L. **Identificação de sistemas não-lineares multivariáveis usando redes neurais perceptron multicamadas e função de base radial.**

2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2006.

ROCHA, A. C. G. P. **Utilização de inteligência artificial para classificação de patogenicidade de amostras de escherichia coli de frango de corte.** 2006. 115 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

RODRIGUES, V. C. et al. **Visão computacional: distribuição espacial de aves poedeiras em condições de conforto e estresse.** 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROHRER, G. A. et al. Genetic analysis of behavior traits in swine production. **Livestock Science**, Nebraska, Estados Unidos, v. 157, n. 1, p. 28-37, 2013.

ROSTAGNO, H. S. et al. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 295-304, 2007.

SALLE, F. O. et al. The use of artificial intelligence (artificial neural networks) to classify the biochemical reactions of Escherichia coli isolates from broilers. **Acta scientiae veterinariae**, Porto Alegre, v. 38, n. 1-2, p. 59-62, 2010.

SAVEGNAGO, R. P. et al. Comparison of logistic and neural network models to fit to the egg production curve of White Leghorn hens. **Poultry Science**, Bethesda MD, Estados Unidos, v. 90, n. 3, p. 705-711, 2011.

SCHENEIDER, P. R. et al. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal.** 2. ed. Santa Maria: Facos UFSM, 2009. p. 294.

SILVA, I. J. O. **Contribuições à zootecnia de precisão na produção industrial de aves e suínos no Brasil.** 2007. 140 p. Monografia (Livre Docência na Especialidade Construções Rurais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SILVA B. N.; RETZLAFF, E. Otimização sob incerteza de sistemas de produção: Interação lavoura-pecuária, com ênfase em bovinocultura de leite. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p.1207-1212, 2004.

SILVA, C. R.; JESUS, J. C. S. Análise da percepção do valor da informação e do benefício-custo da tecnologia da informação por suinocultores na região de passos. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Minas Gerais, v. 9, n. 3, p. 319-333, 2007.

SILVA, I. J. O. et al. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, São Paulo, v. 37, n. 7, p.1319-1329, 2008.

SOARES, J. P. G. et al. **Efeito da suplementação de concentrado sobre o consumo de capim-elefante picado, por vacas mestiças**. Porto Velho: Embrapa, 2009. 26 p.

TADESSE, D. A. et al. A prevalence and antimicrobial resistance profile of campylobacter spp. isolated from conventional and antimicrobial-free swine production systems from different u.s. regions. **Foodborne Pathogens and Disease**, Bethesda, Estados Unidos, v. 8, n. 3, p. 367-74, 2011.

TEDESCHI, L. O. et al. Mathematical models in ruminant nutrition. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 76-91, 2005.

TELOEKEN, A. **Modelagem matemática do tratamento de dejetos suínos em unidades de produção agropecuárias**. 2009. 96 p. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Departamento de Física, Estatística e Matemática, Universidade Regional do Noroeste, RS, Ijuí, 2009.

THOLON, P.; QUEIROZ S. A. Mathematic models applied to describe growth curves in poultry applied to animal breeding. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2261-2269, 2009.

TURRA, E. M. et al. Longitudinal genetic analyses of fillet traits in nile tilapiaoreochromis niloticus. **Jornal aquaculture**, Belo Horizonte, v. 356-357, p. 381-390, 2012.

UYKAN, Z. et al. Analysis of input-output clustering for determining centers of RBFN. **IEEE Transactionson Neural Networks**, Finlândia, v. 11, p. 851-858 2000.

VARGAS, G. Modelagem do crescimento e do desenvolvimento de frangos de corte: validação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1664-1669, 2006.

VENTURA, H. T. et al. A canonical correlation analysis of the association between carcass and ham traits in pigs used to produce dry-cured ham. **Genetics and Molecular Biology**, Bethesda, Estados Unidos, v. 34, n. 3, p. 451-455, 2011.

VIANA, C. F. A. et al. Study of genetic divergence among four broilers breeder lines using multivariate analysis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1074-1081, 2000.

VIEIRA, F. M. C. et al. Productive losses on bloiler preslaughter operations: effects of the distance from farms to abattoirs and of lairage time in a climatized

holding area. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 11, p. 2471-2476, 2010.

VIJAYARAGHAVAN, P.; VINCENT, S. Statistical optimization of fibrinolytic enzyme production by *Pseudoalteromonas* sp. IND11 using cow dung substrate by response surface methodology. **SpringerPlus**, Bethesda, Estados Unidos, v. 3, n. 1, p.1-10, 2014.

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

ZIJLSTRA, R. T.; PAYNE, R. L. Net energy system for pigs. In: MANIPULATING PIG PRODUCTION, 11., 2007, Werribee, Victoria, Australia. **Proceedings...** Werribee, Victoria, Australia: Australas. Pig Sci. Assoc., 2007. p. 80-90.



## VITA

Luiz Fernando Sangoi, filho de Gabriel Sangoi e de Liza Kolás Sangoi, nasceu em 27 de janeiro de 1956, em Santa Maria, Rio Grande do Sul. Conclui o primeiro grau nos “Colégio Santa Maria” e “Colégio Manoel Ribas”, formando-se em Técnico em Agropecuária no “Colégio Agrícola de Santa Maria”, Santa Maria, Rio Grande do Sul, no ano de 1975.

Graduou-se em Licenciatura Plena para Habilitação de Professores de Disciplinas de Formação Especial do Ensino Agrícola de 2º grau, na Universidade Federal de Santa Maria, em 1979.

Graduou-se em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Santa Maria, em 1983,

Concluiu o Mestrado em Geomática, com a dissertação intitulada “Emprego de geotecnologias na gestão de unidades de produção avícolas”, na Universidade Federal de Santa Maria, em 2005.

Em 2011, ingressou no Doutorado, na área de Produção Animal - Nutrição de Não-Ruminantes, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Atua como docente no Colégio Politécnico de Santa Maria, antigo Colégio Agrícola, desde setembro de 1977.