



Patrícia Lopes da Silva de Araújo

Modelos de Padrões de Qualidade para
Produção do Fio de Algodão, utilizando
Recursos da Tecnologia da Computação

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Patrícia Lopes da Silva de Araújo

Modelos de Padrões de Qualidade para
Produção do Fio de Algodão, utilizando
Recursos da Tecnologia da Computação

Tese de Doutoramento
Doutoramento em Engenharia Têxtil

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Doutora Rosa Maria de Castro Fernandes
Vasconcelos
Professor Doutor Gilberto Clóvis Antonelli

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho:



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

A Deus!

Agradecimentos

A Deus, por ter me encaminhado a família que me criou, pois sem eles, todo o apoio e a confiança em mim depositada desde a graduação, este momento não seria possível. Aos meus filhos, Gabriel e Rafael, e esposo pelo apoio e compreensão dos momentos ausentes.

À Universidade do Minho (UMINHO), ao Departamento de Engenharia Têxtil (DET) e ao Programa de Doutorado do Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil (2C2T) pela oportunidade a mim concedida.

A todos os professores de nivelamento, onde transmitiram a base e conhecimento da engenharia têxtil.

Ao Professor Doutor Gilberto Clóvis Antonelli, pela paciência nos meus momentos de ansiedade e dedicação em transmitir seus conhecimentos.

À Professora Doutora Rosa Maria de Castro Fernandes Vasconcelos, pessoa que desde o início tive muito apreço.

À Universidade Estadual de Maringá e à Fundação Auracária pelo incentivo, por meio de investimento para realização desta investigação.

E a todos que me auxiliaram direta ou indiretamente para a realização desta investigação.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração. Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, 26 de setembro de 2019.

Nome completo: Patrícia Lopes da Silva de Araújo

Assinatura:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Patrícia Lopes da Silva de Araújo', written in a cursive style.

RESUMO

MODELOS DE PADRÕES DE QUALIDADE PARA PRODUÇÃO DO FIO DE ALGODÃO, UTILIZANDO RECURSOS DA TECNOLOGIA DA COMPUTAÇÃO

A evolução dos sistemas de informação associado a técnicas computacionais de processamento de dados, influenciou em muitas áreas do conhecimento nos mais variados níveis, como operacional, gerencial e no planejamento estratégico. Muitos aplicativos computacionais foram desenvolvidos possibilitando a integração dos dados, buscando uma melhor eficiência nas operações administrativas e na produção apoiando as tomadas de decisões por meio da disponibilização das informações adequadas para estimativas de mercado, gerenciamento de riscos de mercado e estoque de matéria-prima.

Esta tese apresenta a análise de dados e o desenvolvimento de um protótipo computacional utilizando a técnica das redes neurais artificiais.

A finalidade desta pesquisa é o tratamento de dados utilizados na fiação para a produção do fio de algodão, dentre eles, dados de característica da matéria-prima, regulagens de máquinas e características do fio, relacionando-os cronologicamente para auxiliar o planejamento e controle da produção. Este estudo visa reconhecer padrões de qualidade das propriedades do fio e das características da fibra para a produção do fio de algodão .

Para o levantamento e tratamento dos dados, foram utilizados alguns aplicativos como editores de texto, planilha de cálculo, banco de dados e o Software SNN foi utilizado para a gerar as redes neurais.

Foram geradas cerca de 27 redes e cada algoritmo transcritos do Visual Basic para PHP e incorporado ao protótipo.

O resultado foi um protótipo que prevê as propriedades do fio a partir dos dados das características das fibras e regulagens de máquinas e também determina as características das fibras para a produção do fio.

Palavras-chave: fiação de algodão, redes neurais artificiais, modelos de qualidade.

ABSTRACT

QUALITY STANDARD MODELS FOR COTTON YARN PRODUCTION USING COMPUTER TECHNOLOGY RESOURCES

The evolution of information systems associated with computational data processing techniques has influenced many areas of knowledge at various levels, such as operational, management and strategic planning. Many applications have been developed enabling data integration, seeking better efficiency in administrative operations and production by supporting decision-making by providing adequate information for market estimates, market risk management and raw material inventory.

This thesis presents the data analysis and the development of a computational prototype using the artificial neural networks technique.

The purpose of this research is the treatment of data used in the spinning for the production of cotton yarn, among them, data of characteristic of the raw material, machine regulation and quality of the yarn, relating them chronologically helping in the planning and control of the production. It aims to recognize quality standards of yarn properties and fiber characteristics for the production of natural cotton yarn.

For the survey and processing of data, some text editing applications, spreadsheet, database and SNN software were used to generate the neural networks.

About 27 networks were generated and each algorithm transcribed from Visual Basic for PHP and integrated to the prototype.

The result was a prototype that predicted the *performance* of the series of characteristics of the fibers and regulators of machines and of price as determinant of the fibers for the production of yarn.

Keywords: cotton spinning, artificial neural networks, quality models.

Índice	
Agradecimentos.....	ii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
Índice.....	vi
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Quadros.....	xiii
Lista de abreviaturas.....	xvi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do Trabalho.....	3
1.2. Objetivos e Motivação.....	4
1.3. Estrutura da Tese.....	5
2. Conceitos teóricos.....	6
2.1. Conceitos Têxteis.....	6
2.1.1. Classificação do Fardo de Algodão.....	6
2.1.1.1. Estatística Uster.....	7
2.1.1.2. HVI - High Volume Instrument.....	7
2.1.2. Principais Características da Fibra de Algodão.....	9
2.1.2.1. Finura.....	9
2.1.2.2. Maturidade.....	10
2.1.2.3. Comprimento.....	11
2.1.2.4. Índice de Fibras Curtas.....	11
2.1.2.5. Grau de Impurezas.....	12
2.1.2.6. Alongamento.....	12
2.1.2.7. Resistência.....	12
2.1.3. A cadeia têxtil.....	13

2.1.4.	Processo de fabricação de fios	14
2.1.4.1.	Fases da Fiação	16
2.1.4.1.1.	Depuração	16
2.1.4.1.1.1.	Abertura	16
2.1.4.1.1.2.	Limpeza.....	17
2.1.4.1.1.3.	Mistura	18
2.1.4.1.1.4.	Individualização e Paralelização (cardaço).....	19
2.1.4.2.	Preparação à fiação.....	21
2.1.4.2.1.	Regularização	21
2.1.4.2.2.	Penteação.....	22
2.1.4.2.3.	Estiragem e torção	22
2.1.4.3.	Fiação Propriamente dita	23
2.1.4.4.	Acabamento	25
2.1.4.4.1.	Bobinagem	25
2.1.4.4.2.	Vaporização	26
2.1.4.4.3.	Retorção	26
2.1.5.	Principais Características do Fio de algodão	27
2.1.5.1.	Resistência e Alongamento	29
2.1.5.2.	Massa linear.....	30
2.1.5.3.	Coeficiente de Variação de Massa (CV%)	31
2.1.5.4.	Umidade	32
2.1.5.5.	Pilosidade (PLHI) e Variação da Pilosidade (Plsh)	32
2.1.5.6.	NEPS	33
2.2.	Conceitos Informáticos.....	33
2.2.1.	Redes neurais artificiais (RNAs).....	33
2.2.1.1.	Conceitos Gerais.....	34
2.2.1.2.	Funcionamento.....	34
2.2.1.3.	<i>Perceptrons</i>	35
2.2.1.4.	<i>Perceptron</i> de Multicamadas	35
2.2.1.5.	Aprendizado	36
2.2.1.5.1.	Treinamento <i>Back propagation</i> (BP)	38
2.2.1.5.2.	Treinamento Levenberg-Marquardt	40
3.	Estado da Arte	41
3.1.	Previsão do Fio e Determinação da Fibra	41
3.2.	Seleção de Fardo a fim de Manter um Padrão de Qualidade.....	43

3.3. Determinação da Propriedade do Fio	43
3.4. Gerenciamento da Produção para Minimizar os Custos.....	45
3.5. Utilização de Técnicas para Classificar o Algodão <i>Lint</i>.....	45
3.6. Previsão da Carga de Quebra da Resistência do Fio de Algodão Egípcio...46	
3.7. Utilização de Genótipos como Previsão da Fibra de Algodão	47
3.8. Outras Pesquisas.....	47
3.8.1. Previsão do Perfil Drapejado nos Tecidos	48
3.8.2. Previsão das Propriedades de Cores	49
3.8.3. Previsão da Resistência Térmica do Tecido	50
3.8.4. Previsão de Piling em Tecidos de Malha.....	50
4. Materiais e Métodos	52
4.1. Materiais.....	53
4.2. Adequação dos Dados Coletados	54
4.3. Análise dos Dados	54
4.3.1. Características das Fibras.....	55
4.3.2. Ajustes das Máquinas	56
4.3.3. Propriedades do Fio.....	58
4.4. Definição dos Modelos de Qualidade	60
4.4.1. Definição das Estruturas de RNAs	60
4.4.2. Treinamento das RNAs	62
4.4.3. Testes da RNAs	64
4.4.4. Confiabilidade das RNAs	64
5. Análise e Discussão de Resultados	66
5.1. Estruturas das RNAs.....	67

5.1.1. Codificação do Algoritmo	69
5.2. Análise de Sensibilidade	70
5.2.1. Previsão do Fio Cardado	71
5.2.2. Previsão do Fio Penteado.....	74
5.2.3. Determinação da Fibra para o Processo Cardado	75
5.2.4. Determinação das características da Fibra para o Processo Penteado	78
5.3. Análise das Correlações das RNAs Durante o Treinamento.....	80
5.4. Análise de Confiabilidade das Redes.....	82
5.5. Modelo de qualidade	84
6. Protótipo ANNINCS.....	86
6.1. Definição das Telas de Interface com o Usuário	86
6.2. Definição dos Módulos	88
6.2.1. Módulos para validação dos Dados de Entrada.....	88
6.3. Opções de Processamento e Regulagens de Máquinas	89
6.4. Previsão das Propriedades do Fio ou Determinação das Características da Fibra	91
6.5. Exemplo de Aplicação.....	94
7. Conclusão e Perspectivas Futuras.....	97
7.1. Conclusões.....	97
7.2. Perspetivas Futuras.....	100
Referências Bibliográficas	101

Apêndice I – Representação visual de <i>performance</i> das RNAs antes e após o treinamento na determinação das características da fibra para o processo cardado.....	107
Apêndice II – Representação visual de <i>performance</i> das RNAs antes e após o treinamento na previsão das propriedades do fio para o processo cardado.....	110
Apêndice III – Representação visual de <i>performance</i> das RNAs antes e após o treinamento na determinação das características da fibra para o processo penteado.	113
Apêndice IV - Representação visual de <i>performance</i> das RNAs antes e após o treinamento na previsão das propriedades do fio para o processo penteado.	116
Apêndice V – Código do modelo de padrão de qualidade Comprimento(com) para a característica da fibra no processo cardado.....	119
Apêndice VI – Manual do ANNINCS	140

Índice de Figuras

Figura 1 - Produção segundo a natureza das fibras(ton). Fonte: Adaptado do IEMI (2016).	1
Figura 2 - Produção por Região Brasileira(ton). Fonte: Adaptação do IEMI (2016).	2
Figura 3 - Classificação do Algodão.	8
Figura 4 - Cadeia Têxtil . Fonte: CEESB (2009).	14
Figura 5 - Etapas dos processos de obtenção dos fios pelos diferentes sistemas existentes.	15
Figura 6 - Abridor automático de fardos Trutzschler.	17
Figura 7 - Limpador (Trutzschler).	18
Figura 8 - Misturador Trutzschler.	19
Figura 9 – Carda Trützschler.	20
Figura 10 – Laminador Trutzschler.	21
Figura 11 - Sistema de estiragem - torce (Rieter).	23
Figura 12 - Continuo de anel a anel Rieter.	24
Figura 13 - Continuo de anel open-end (Barbosa, 2012)	24
Figura 14 - Bobinas de torce Rieter.	25
Figura 15 - Rede neural MLP 4:4-5-1:1, baseada nas propriedades do fio para a estimativa da resistência de ruptura do tecido (Unal, 2012).	36
Figura 16 - Visão generalista do processo de DCBD(Vasconcelos & Bastos, 2003)	42
Figura 17 - Estrutura de RNA utilizada para determinar a propriedade do fio (Antonelli & Neitzel, 2017).	44
Figura 18 - Esquema do Drapemer.1-câmera digital, 2-placa de vidro,3-sombra drapejada,4-lâmpada,5-espelho concavo, 6-Drapemer, 7- computador.Fonte Pattanayak Et al.(2010).	48
Figura 19 - Imagem do perfil drapeado (Pattanayak et al., 2010).	48
Figura 20 - Gráfico de análise de sensibilidade. Fonte: Autoria propria.	50
Figura 21 - Análise de sensibilidade.Fonte: Adaptação de Kayseri & Kirtay (2015).	51
Figura 22 - Etapas do processo genérico de produção do fio de algodão.	53

Figura 23 - Relacionamento inverso por data dos dados coletados. Fonte: Propria autora.	54
Figura 24 - Etapas do processo para determinar as características da fibra e do processo para previsão do fio.	60
Figura 25 - Formulário para configuração da rede no aplicativo Software SNN.	61
Figura 26 - Formulário para indicar a seleção das cases da rede no aplicativo Software SNN.	63
Figura 27 – Formulário <i>Train Multilayer Perceptron</i>.	63
Figura 28 - <i>Performance</i> da RNA antes do treinamento para determinar a MR no processo cardado.	81
Figura 29 - <i>Performance</i> da RNA após o treinamento para determinar a MR no processo cardado.	81
Figura 30 - <i>Performance</i> da RNA antes do treinamento para determinar a MR no processo penteado.	82
Figura 31 - <i>Performance</i> da RNA após o treinamento para determinar a MR no processo penteado.	82
Figura 32 - Formulário do SNN.	85
Figura 33 - Fluxograma dos processos do ANNICS.	87
Figura 34 - Seletores das Linhas de Produção.	89
Figura 35 - Seletores de seleção do Tipo de Processamento.	89
Figura 36 - Editor da Torce.	90
Figura 37 - Editor do Continuo de anel.	90
Figura 38 - Editores dos Laminadores.	90
Figura 39 - Campo para mensagem de resultado de validação.	90
Figura 40 - Editores das características das fibras.	92
Figura 41 - Editores para as características do fio.	93
Figura 42 - Segunda etapa do processo para previsão do fio cardado.	95
Figura 43 - Segunda Etapa do processamento para previsão das propriedades do fio cardado com os resultados exemplificados.	96
Figura 44 - Exibição dos valores mínimos e máximos.	142

Índice de Quadros

Quadro 1 - Classificação da Finura (Sestren, 2013).....	9
Quadro 2 - Classificação da maturidade(Sestren,2013).....	10
Quadro 3 - Classificação do comprimento (Vasconcelos,1993).....	11
Quadro 4 - Classificação do alongamento.	12
Quadro 5 - Classificação da resistência (Sestren).	13
Quadro 6 - Análise Fibra x Fio (Perrupato et. Al, 2004).....	28
Quadro 7 - Resumo da melhores correlações obtidas (Perupatto et al., 2014).	28
Quadro 8 - Expressões dos métodos de medida da massa linear.	31
Quadro 9 - Apresentação das características da fibra de algodão nos quatro grupos (Mwasia et al., 2009).....	46
Quadro 10 - Faixa de valores das características das fibras de algodão no processo cardado.....	55
Quadro 11 - Faixa de valores das características das fibras de algodão no processo penteado.....	56
Quadro 12 - Faixa de valores das variáveis de ajuste nos Laminadores do processo cardado.....	56
Quadro 13 - Faixa de valores das variáveis de ajuste nos Laminadores do processo penteado.....	57
Quadro 14 - Faixa de valores das variáveis de ajuste da Torce no processo cardado.	57
Quadro 15 - Faixa de valores das variáveis de ajuste da Torce no processo penteado.....	57
Quadro 16 - Faixa de valores das variáveis de ajuste do contínuo de anel no processo cardado.....	58
Quadro 17 - Faixa de valores das variáveis de ajuste do contínuo de anel no processo penteado.....	58
Quadro 18 - Faixa de valores das variáveis do fio cardado.	59
Quadro 19 - Faixa de valores das variáveis do fio penteado.	59
Quadro 20 - Estrutura das RNAs da linha de produção cardada.	67
Quadro 21 - Estrutura das RNAs da linha de produção penteada.....	68

Quadro 22 - Análise de sensibilidade de previsão das propriedades do fio no processo cardado antes do treinamento.	72
Quadro 23 - Análise de sensibilidade de previsão das propriedades do fio no processo cardado após o treinamento.....	73
Quadro 24 - Análise de sensibilidade de previsão das propriedades do fio no processo penteado antes do treinamento.....	74
Quadro 25 - Análise de sensibilidade de previsão das propriedades do fio no processo penteado após treinamento.....	75
Quadro 26 - Análise de sensibilidade para a determinação das características da fibra no processo cardado antes do treinamento.....	76
Quadro 27 - Análise de sensibilidade determinação da fibra no processo cardado após o treinamento.	77
Quadro 28 - Análise de sensibilidade determinação das características da fibra no processo penteado antes do treinamento.	78
Quadro 29 - Análise de sensibilidade determinação das características da fibra no processo penteado após treinamento.....	79
Quadro 30 - Correlação das propriedades do fio cardado antes e após o treinamento.	80
Quadro 31 - Correlação das características na linha de produção do fio penteado antes e após o treinamento.....	81
Quadro 32 – Análise de Confiabilidade das Redes da Linha de Produção Cardado.....	83
Quadro 33 - Análise de Confiabilidade das Redes da Linha de Produção Penteado.....	84
Quadro 34 - Intervalo dos Ajustes nas Máquinas do Processo Cardado.....	146
Quadro 35 - Intervalo dos Ajustes nas Máquinas no Processo Penteado.	146
Quadro 36 - Intervalo das Propriedades do Fio no processo Cardado.....	148
Quadro 37 - Intervalo das Propriedades do Fio no processo Penteado.	148
Quadro 38 - Confiabilidade das Redes neurais para Determinação das Características da Fibra.....	149
Quadro 39 - Intervalo dos Ajustes nas Máquinas do Processo Cardado.....	151
Quadro 40 - Intervalo dos Ajustes nas Máquinas no Processo Penteado.	152

Quadro 41 - Intervalo das Características das Fibras no Processo Caradado.....	154
Quadro 42 - Intervalo das Características das Fibras no Processo Penteadado	154
Quadro 43 - Confiabilidade das Redes neurais para Previsão do Fio.	155

Lista de abreviaturas

ALONG_FIB	Alongamento da fibra(pluma)
ALONG_FIO	Alongamento do fio produzido
ANN	Redes Neurais Artificiais
ANNINCS	<i>Artificial Neural Networks In Control Spining</i>
COMP	Comprimento
CVM%	Coefficiente de variação de massa
EFRONTAL	Escartamento frontal
EINTER	Escartamento intermediário
ESC_DIA_P1	Escartamento dianteiro da Laminador 1
ESC_DIA_P2	Escartamento dianteiro da Laminador 2
ESC_TRZ_P1	Escartamento trazeiro da Laminador 1
ESC_TRZ_P2	Escartamento trazeiro da Laminador 2
EST%	Percentual de estiragem
ETRAZEIRO	Escartamento trazeiro da torce
HVI	<i>High Instrument Volume</i>
IEMI	Instituto de Estudos e Marketing Industrial
Lfgrade	Grau de folhas
MICR	Micronaire
MOIST	Umidade
MPM_P1	Velocidade da Laminador 1
MPM_P2	Velocidade da Laminador 2
MR	Maturidade
Ne	Massa linear (Ne)
PFINO	Pontos finos
PGROS	Pontos grossos
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
PLHI	Pilosidade
PLSH	Variação de pilosidade
RES	Resistencia
RNA	Redes Neurais Artificiais
RPM_FS	Rotação do fuso no continuo de anel
RPMFS	Rotação do fuso na torce
SCI	<i>Spinning consistency index</i>

SFI	Fibras curtas
SQL	<i>Structured Query Language</i>
T/P	Tensão por polegada no contínuo de anel
TENAC	Tenacidade
TI	Tecnologia da Informação
TORC%	Volts por polegada no contínuo de anel
Tr area	Percentual de área ocupada pelas impurezas
Tr cnt	Número de partículas de impurezas superficiais
UM%	Índice <i>Uster</i>
UNIF	Uniformidade

1. Introdução

A fibra de algodão tornou-se a matéria-prima mais consumida na indústria têxtil tanto no Brasil como no exterior, devido às suas variadas características como o comprimento, a uniformidade de comprimento, a finura, a maturidade, a resistência, o alongamento, a cor, o brilho entre outras. Estas características influenciam de um modo específico a qualidade do produto final o fio, contribuindo também para as propriedades dos tecidos, malhas, para o processo de confecção o que proporciona aos mais variados produtos e aplicações uma qualidade ideal aos utilizadores (Santana et al., 1999).

O Brasil de acordo com IEMI (2016) tem 491 unidades brasileiras produtoras de fios, sendo a região Sudeste a que possui um maior número de unidades, seguido da região Nordeste, Sul, Centro-Oeste e Norte.

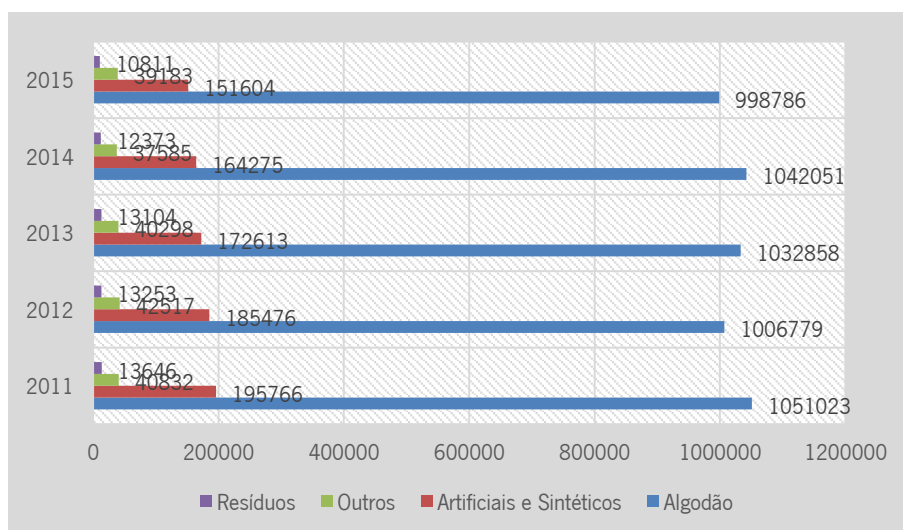


Figura 1 - Produção segundo a natureza das fibras(ton). Fonte: Adaptado do IEMI (2016).

A Figura 1, apresenta a produção em toneladas das diferentes fibras de 2011 a 2015. Da análise da figura, podemos verificar que a fibra de algodão (CO), tem sido a mais utilizada.

Segundo o Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira de 2016, verifica-se que a região Nordeste do Brasil, se tem mantido como sendo a maior produtora de algodão, seguida da região Sudeste, Sul e por último a região Norte, conforme apresentado na Figura 2.

Segundo Klein, 1986, as fiações de algodão com o objectivo de reduzir custos ,utilizam misturas de fibras de algodão com propriedades distintas, no entanto a economia excessiva em relação à matéria-prima geralmente não reduz custo, levando às vezes a deterioração da matéria-prima estocada, prejudicando a obtenção de um fio com as características pretendidas.

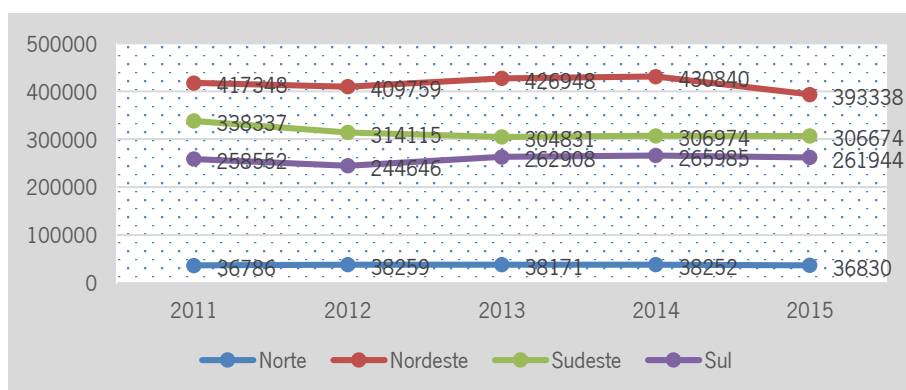


Figura 2 - Produção por Região Brasileira(ton). Fonte: Adaptação do IEMI (2016).

Da análise da Figura 2, verifica-se que a fibra de algodão é produzida em várias regiões do Brasil ,embora com características diferenciadas que dependem da região de produção, à safra, ao armazenamento e ao transporte, o que torna por vezes impossível, após o processo de mistura, determinar com precisão as características do fio produzido, ou ainda, definir o ponto economicamente ideal de mistura (produção de um determinado fio com propriedades definidas com o menor custo possível) (Antonelli, 2015).

De acordo com Vasconcelos (1993), tem sido efectuado ao longo dos anos um esforço de pesquisa considerável para identificar e quantificar as propriedades das fibras que desempenham um papel importante no processo de fabrico e no fio propriamente dito. Numerosas tentativas têm sido feitas para quantificar estes efeitos e estabelecer relações matemáticas (teóricas ou empíricas) entre as propriedades das fibras por um lado e o processo de fiação por outro.

Geralmente, o processo de produção do fio de algodão envolve varios parâmetros que vão desde a matéria-prima , as máquinas utilizadas no processo até as regulagens. Normalmente para a obtenção de um fio com determinadas características o processo ocorre por meio de métodos de tentativas e erros baseados no conhecimento e/ou experiência adquirida ao longo do tempo pelos fiandeiros. Esta situação leva as indústrias a atravessar, durante o ano, períodos de instabilidade

no seu processo produtivo, gerando produtos com baixa qualidade e pouco valor agregado (Antonelli, 2015).

De acordo com Lima (1992), as características das fibras e a qualidade do fio , estão fortemente correlacionados.

Desta forma, considera-se que os dados de produção do fio de algodão são importantes para obter conhecimento de previsão da qualidade do fio assim como determinar as características da fibra devido a esta correlação entre os dados.

Mas não basta ter somente acesso aos dados, para adquirir alguma informação, de acordo com Antonelli (2015), é necessário medir e avaliar o impacto das principais características das fibras, relaciona-las com o sistema de fiação e com o produto a elaborar.

Neste sentido, devido à grande quantidade de dados que se obteve, nomeadamente, as características das fibras, as regulagens durante as operações de produção e os dados da qualidade do fio, foi necessário a utilização de técnicas computacionais que relacionassem todos estes dados com o objetivo de proporcionar uma melhor gestão na produção do fio e qualidade.

1.1. Enquadramento do Trabalho

O objetivo central desta investigação está em elaborar modelos de padrões de qualidades que relacionam a matéria prima utilizada na indústria de fios de algodão com os processos de produção e a qualidade do produto final de forma que consigamos prever a qualidade do fio produzido a partir da relação da matéria prima e os processos de produção assim como determinar as características da matéria prima a partir da qualidade do fio desejado e os processos de produção.

Para a elaboração dos modelos de padrões de qualidades, será necessário a utilização de dados reais coletados no controle de qualidade da industria de produção de fio de algodão. Esses dados tem a ver com as características de cada fardo de algodão após análises no HVI, ajustes nos equipamentos de produção e as características finais do fio produzido.

A partir destes modelos, será desenvolvido um software para auxiliar o gestor têxtil a identificar quais as características do fardo de algodão ideal para a produção de um fio desejado assim como a previsão de qualidade de um determinado fio.

1.2. Objetivos e Motivação

Para desenvolver um protótipo a partir da classificação dos fardos de algodão, baseados em modelos pré-definidos utilizando ferramentas da Tecnologia da Computação, foram identificados os seguintes objetivos específicos:

1. Definir a melhor fonte de dados para o desenvolvimento – Por se tratar de dados reais, foi necessário buscar parcerias que pudessem disponibilizar todos os dados possíveis envolvidos no processo de produção do fio de algodão natural.
2. Definir, entre os métodos de computação de dados já existentes, qual seria o mais adequado para elaborar modelos de padrões de qualidade;
3. Análise e definição das variáveis mais importantes de acordo com o método definido;
4. A partir de um metodologia ou técnica, relacionar os dados cronologicamente para a criação dos registros;
5. Criação das redes;
6. Treinamento das redes;
7. Testes e análise de confiabilidade das redes neurais artificiais;
8. Desenvolvimento do sistema, ao qual faz parte o design das telas de acesso ao usuário, módulos de controle e os módulos dos algoritmos de cada uma das redes.

O desenvolvimento desta pesquisa, foi impulsionada devido a valorização mundial e a grande utilização do fio de algodão, proveniente de inúmeras pesquisas associadas a novas tecnologias para a criação de novos materiais e a importância da produção de qualidade a um baixo custo.

1.3. Estrutura da Tese

Neste capítulo iremos descrever como foi dividida esta tese, as etapas que foram percorridas nesta investigação para ser possível alcançar o objetivo proposto.

O *Capítulo 1* inicia a secção à qual se deu a designação de *Introdução*. Neste capítulo são apresentados o enquadramento, o objetivo e a motivação desta investigação, e estrutura da tese.

O Enquadramento teórico é abordado no *Capítulo 2* onde são apresentados os elementos importantes desta pesquisa dentre eles alguns conceitos teóricos têxteis e informáticos.

O *Capítulo 3* trata-se do *Estado da Arte*. Neste capítulo são apresentados investigações realizadas assim como as técnicas utilizadas em cada uma das aplicações nas mais variadas áreas da engenharia têxtil.

O *Capítulo 4* são abordados os *Materiais e Métodos* utilizados na pesquisa. Neste capítulo apresenta-se a metodologia utilizada, os dados, as variáveis necessárias nesta investigação bem como a metodologia utilizada para adequar os dados na criação das redes neurais os métodos e etapas até a validação de cada uma das redes.

O *Capítulo 5* é efectuada a *Análise e Discussão dos Resultados*. Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos em cada uma das redes e efectuada a sua análise de estrutural ou seja, as sensibilidades das variáveis correlações, testes e a confiabilidade.

O *Capítulo 6* refere-se ao *ANN/NCs*. Neste capítulo são apresentados a metodologia para as definições das telas de design, as etapas do processamento assim como exemplos de aplicação.

O *Capítulo 7* trata-se da *Conclusão e Perspetivas Futuras*. Neste capítulo são apresentadas as conclusões desta investigação e a conclusão principal dentre os resultados obtidos e por fim apresenta as perspectivas para futuras investigações.

Finalmente são apresentadas as referências bibliográficas que fundamentaram esta investigação.

2. Conceitos teóricos

Nesta secção serão abordados os conceitos têxteis do algodão, as operações, o processo produtivo, e os diferentes sistemas para obtenção do fio assim como os conceitos informáticos.

2.1. Conceitos Têxteis

A Fiação é uma indústria de produção de fio que utiliza na maior parte dos casos a fibra de algodão como matéria-prima e demais operações específicas a fim de produzir um fio com as qualidades desejadas. Dentre as operações tem-se a de abertura, limpeza das fibras, paralelização e individualização, penteação, estiragem e torção. O fio de algodão pode ser definido como um conjunto de fibras paralelas, colocadas de forma contínua, torcidas para que se obtenha resistência à tração. Uma fiação de algodão possui vários processos produtivos entre estes, o processo Convencional Cardado ou Penteado e Processo não convencional, usualmente denominado de *Open-end Rotor*. O processo de produção mais simples é o *Open-end rotor*. O processo Cardado é mais elaborado e consegue-se fios de melhor qualidade que o *Open-end rotor*. Finalmente o processo Penteado é o mais sofisticado, agrega ao processo cardado a retirada de fibras curtas, chegando a fios ainda melhores (Neto,2009).

2.1.1. Classificação do Fardo de Algodão

Para fins de produção, comercialização e processamento de algodão, incluindo a previsão do desempenho do processamento da matéria-prima e da qualidade do produto final, é importante conhecer a qualidade das fibras. Análises instrumentais oferecem a oportunidade para determinar rapidamente as características de cada fardo de algodão e são vários os países produtores desta fibra que incluem os resultados de análises na sua comercialização de algodão. Uma vez que o algodão é comercializado mundialmente, os resultados dos testes precisam ser obtidos e expressos do mesmo modo padronizado e no mesmo nível, independentemente do sitio onde são realizados (Abrapa, 2012).

A construção da confiança mais importante entre compradores e vendedores de algodão é dada por meio de dados de classificação por instrumentos padronizados em qualquer parte do mundo e que estes se correspondam perfeitamente. Parceiros comerciais frequentemente testam amostras de algodão em diferentes instrumentos para verificar a qualidade do fardo, e é vital para a confiança mútua e confiança de que os dados de qualidade obtidos são precisos quer para quem vende e quer para quem compra (Uster, 2018).

2.1.1.1. Estatística Uster

A USTER® STATISTICS 2018 é a linguagem comum da qualidade da indústria têxtil, usada como base para comercialização de fio e alicerce para a análise comparativa de qualidade em toda a indústria. Ao longo da cadeia têxtil, desde os produtores de fio e dos seus clientes até aos fabricantes de máquinas, passando por técnicos e pesquisadores, as análises comparativas são utilizadas para facilitar a comunicação relativa a níveis de qualidade. Agora, todos os utilizadores podem aceder a este recurso (Uster, 2018).

Segundo a Uster, a “linguagem global da qualidade têxtil” entra em uma nova dimensão com o USTER® STATISTICS 2018 disponível como um aplicativo móvel para PCs e todos os dispositivos móveis, além de constituir padrões globais, adotados pelas principais renomes do algodão este recurso está disponível na rede mundial de internet, podendo ser acessado a partir de um cadastro de usuário ao sistema, ou seja, a linguagem global da qualidade têxtil entra em uma nova dimensão com o USTER® STATISTICS 2018, que possui disponibilidade de uso em aplicativo móvel para PCs e para todos os dispositivos móveis.

2.1.1.2. HVI - High Volume Instrument

O HVI, é um instrumento utilizado no setor de qualidade das indústrias do fio de algodão, que tem por função principal obter as características da fibra a fim de classificá-las.

Na pesquisa de Vasconcelos (1993), o sistema Motion Control HVI foi o sistema padrão usado pelos classificadores Americanos. Desde então as unidades de HVI têm evoluído, tanto em software como em hardware.

Devido ao facto de que as características das fibras e as operações influenciarem na qualidade do fio, uma das principais vantagens da classificação do algodão, segundo Miguel & Bastos (2003), é o conhecimento das propriedades físicas da fibra de algodão, a obtenção de resultados precisos e reprodutíveis, dados imediatamente disponíveis e a utilização dos resultados para prever as propriedades do fio. O sucesso na operação de fição é cada vez mais da responsabilidade do Laboratório Têxtil que fornece a base para a tomada de decisão sobre o uso efectivo dos materiais, por isso o controlo de qualidade permanente e a selecção de matéria-prima são indispensáveis.

Desta forma, as características apresentadas do setor de qualidade são indispensáveis para seleccionar a matéria-prima na produção do fio de algodão.



Figura 3 - Classificação do Algodão.

Segundo Perrupato (2003), a análise das características físicas das fibras constitui um dos pontos fundamentais para o alcance de melhores índices de produção e de qualidade a baixo custo. As características físicas das fibras são informações importantes para o técnico de análise de qualidade, pois, através delas, ele decide quanto à aprovação ou não da compra da matéria-prima, à sua forma de consumo (misturas programadas), às ajustagens das máquinas e uma série de outras providências correlatas.

Por tanto, de acordo com a destinação do produto final é indispensável que sejam analisados os valores das características classificadas no instrumento do setor de qualidade.

2.1.2. Principais Características da Fibra de Algodão

A indústria têxtil está cada vez mais exigente quanto às características tecnológicas da fibra para a aquisição de um fio com as reivindicações do mercado. Deste modo, a aquisição da fibra, quer convencional quer colorida, pela indústria segue os requisitos estabelecidos a partir da relação custo/benefício, que gerem lucros compensadores (Lima et al., 2007).

2.1.2.1. Finura

A finura é uma característica importante, pois influencia em algumas características de qualidade do fio e conforto.

De acordo com Sestren (2013), a metodologia usada para determinar a finura da fibra de algodão é a avaliação da resistência à passagem de ar em um chumaço de algodão sob condições padronizadas. O resultado na escala micronaire é indicado em microgramas por polegada ao quadrado, ($\mu\text{g}/\text{pol}^2$). Para exprimir o resultado em mtex: $\text{Micronaire}/0,0254$.

Quadro 1 - Classificação da Finura (Sestren, 2013).

Finura	Classificação
< 3	Muito Fina
3 - 3,9	Fina
4 - 4,9	Regular
5 - 5,9	Grossa
> 6	Muito Grossa

Segundo Bastos(2003) apud Klein (1986), a finura é uma característica da fibra considerável e influencia diretamente no número de fibras da seção transversal do fio. Fibras adicionais na seção transversal normalmente aumentam a resistência beneficiando a uniformidade do fio.

Vasconcelos (1993), em sua pesquisa menciona que esta propriedade influencia o limite de fiação, resistência do fio, espessura do fio, toque, brilho, produtividade, efeito de caimento do produto final e voluminosidade.

2.1.2.2. Maturidade

A característica de maturidade segundo Bastos (2003), está relacionada com a conciliação de vários fatores como, além da estimativa do tempo transcorrido entre o início de floração e a colheita, assim como a finura da fibra e a razão entre a espessura da camada primária e a da camada secundária.

A maturidade corresponde ao grau de evolução das camadas de células da fibra de algodão e pode ser avaliado pela proporção da espessura da parede relativamente à largura da fibra. Com tantas fibras numa só semente, a concorrer pelos nutrientes, é perceptível que não desenvolvam todas a mesma espessura para as suas paredes (Bastos, 2003).

Segundo Schneck (Klein, 1986), a fibra pode ser considerada madura, imatura ou morta. Esta classificação tem haver com a parede celulósica da fibra de algodão. Quando a parede celulósica representa 50% a 80% da sua secção transversal, a fibra é considerada madura, imatura quando representa 30% a 45% e morta quando o valor for inferior a 25%.

O surgimento de 5% de fibras imaturas num fardo, pode contribuir para a diminuição da resistência do fio, um maior número zonas finas, aumento no número de fibras curtas, quebras na fiação, aumento de desperdícios e defeitos no tingimento como pontos brancos e barrado, originando tingimentos irregulares (Vasconcelos, 1993).

O quadro seguinte refere-se à classificação da maturidade, expressa em percentagem:

Quadro 2 - Classificação da maturidade(Sestren,2013)

Maturidade (%)	Classificação
< 0,7	Muito imatura
0,7 - 0,8	Imatura
0,8 - 1,0	Madura
> 1,0	Muito madura

Segundo Bastos (2003), o grau de maturidade das fibras de algodão tem importância no desempenho da matéria-prima durante o processamento de produção do fio. A relação das fibras aos corantes é directamente proporcional ao grau de maturidade das fibras.

2.1.2.3. Comprimento

O comprimento é um dos parâmetros mais importantes na caracterização de um determinado algodão, devido ao facto de que na comercialização da fibra, assim como no seu processamento, ser um dos responsáveis pelo custo da matéria-prima e pela boa *performance* do processo (Vasconcelos, 1993).

O comprimento da fibra é uma característica importante na produção de fio um resistente e é de máxima importância no limite de fiabilidade, na regularidade da distribuição das fibras, sendo as fibras mais longas as que se ajeitam melhor à torção do fio e produzem fios com menos pilosidade (Lima et al., 2007).

Quadro 3 - Classificação do comprimento (Vasconcelos, 1993).

Comprimento(")	Classificação
< 0,99	Curta
0,99 - 1,10	Média
1,11 - 1,26	Longa
> 1,26	Extra longa

De acordo com a BOLSA DE MERCADORIAS & FUTURO, s.d (2006), o comprimento da fibra afeta a resistência e a uniformidade do fio, bem como a eficiência do processo de fiação.

2.1.2.4. Índice de Fibras Curtas

O índice de fibras curtas tem influência direta e negativa sobre as características do fio, pois quanto maior o índice, maior é o número de quebras durante o processo de produção, maior o desperdício e menor a resistência do fio produzido e maior a irregularidade.

Um dos maiores motivos de reclamação dos fiandeiros tem a ver com a existência de fibras com comprimento inferior a 12,7 mm que numa amostra tendem a agruparem-se formando falhas, que atualmente, se constituem em um dos maiores motivos de reclamações do mercado (Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis, 2004)(Lima et.al., 2007).

2.1.2.5. Grau de Impurezas

Tal como a característica anterior também o grau de impurezas contribui negativamente para o processo de fiação, por tanto, quando maior o valor do grau de impureza maior o desperdício de fibras boas durante o processo produtivo.

O principal problema das impurezas está na necessidade de removê-las durante o processo produtivo o que causa quebra das fibras e desperdício de fibras boas que também são retiradas junto com as impurezas. Há também a formação de emaranhados nas fibras, conhecidos como Neps (Vasconcelos, 1993).

2.1.2.6. Alongamento

Alongamento é definido como o percentual de aumento que ocorre no comprimento original da fibra. Segundo Klein (1986), o alongamento elástico é de grande importância, pois permite que as fibras possam resistir a várias solicitações mecânicas existentes no processo sem que estas atinjam o seu ponto de ruptura. O alongamento elástico mínimo deve ser de 2%, mas também não poderia ser muito maior pois causaria problemas no processo de produção.

Quadro 4 - Classificação do alongamento.

Alongamento (%)	Categoria
< 5,0	Muito Baixa
5,0 - 5,8	Baixa
5,9 - 6,7	Média
6,8 - 7,0	Alta
> de 7,0	Muito Alta

Segundo Sundaram (1979) apud Cherem (2004), o ponto de ruptura está entre 5 a 10 % do seu comprimento total.

2.1.2.7. Resistência

A característica de resistência da fibra está diretamente relacionada a qualidade de resistência do fio, que Segundo Klein (1986), fibras quebradiças aumentam a possibilidade de ruptura dos fios

durante o processo produtivo, quando a unidade produtiva deve ser parada para a realização de emendas. O autor ainda afirma que a resistência da fibra varia com a umidade a que ela está submetida; quanto maior a umidade, maior a resistência da fibra de algodão (Klein, 1986).

Segundo Santana et al (2002), a resistência é auferida pela medição da força necessária para romper uma amostra de fibra e o alongamento é o comprimento médio da distância, à qual as fibras se distendem antes da ruptura.

De acordo com Sundaram (1979) apud Cherem (2004), o algodão quando exposto ao sol, sob efeitos dos raios ultravioletas e a maioria dos produtos químicos domésticos, é considerado uma fibra resistente quando comparada a outras fibras têxteis. No entanto, é atacado com facilidade por agentes oxidantes do tipo cloro e peróxidos de hidrogênio.

Quadro 5 - Classificação da resistência (Sestren).

Resistência (cN/tex)	Categoria
< 24	Fraca
24,1 - 25	Intermediária
25,1 - 28	Média
28,1 - 30	Resistente
> 30,1	Muito Forte

2.1.3. A cadeia têxtil

A cadeia produtiva têxtil abrange atividades que vão desde a matéria-prima para a produção do fio, até o consumidor final em forma dos produtos que são confeccionados. Esta tem a função de atender as necessidades do consumidor no que se diz respeito a preços acessíveis, qualidade e quantidade (Assad et. al, 2010).

Segundo Buainain e Batalha (2007), a cadeia do algodão para a indústria têxtil, quando confrontada com as outras cadeias de produtos agrícolas, é umas das mais longas e complexas, pois passa por inúmeras fases desde a produção primária até o consumidor final. A fibra do algodão é negociada de acordo com suas propriedades físicas, devido sua influência destas na qualidade do produto final. Em países como os Estados Unidos, o uso de equipamentos como o High Volume Instrument (HVI) permite a determinação objetiva das propriedades intrínsecas da fibra, reduzindo a subjetividade da classificação com base em critérios visuais, que ainda é a mais comum no Brasil.

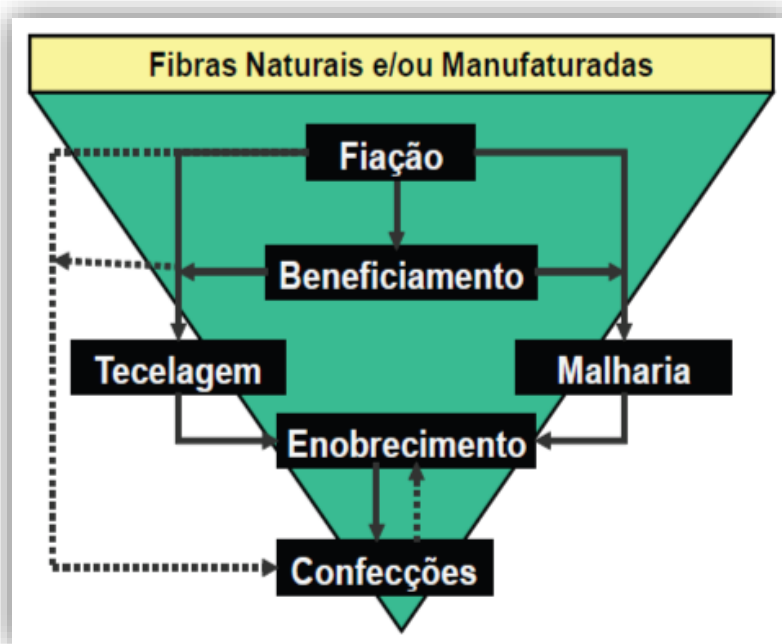


Figura 4 - Cadeia Têxtil . Fonte: CEESB (2009).

Nesse procedimento, o algodão em caroço é colhido nas propriedades rurais e encaminhado para as algodoeirias onde são convertidos em algodão em pluma,seguidamente num produto filiforme com várias especificações na fiação, em tecido cru na tecelagem, em tecido estampado na tinturaria e acabamento, em roupas e outros produtos na indústria de confeções e, finalmente, são espalhados pela estrutura varejista, que em grande maioria é especializada em confeções de vários tipos (Urban et al., 1995).

2.1.4. **Processo de fabricação de fios**

O processo de fabricação de fios é realizado nas seguintes fases:

- ✓ depuração;
- ✓ preparação à fiação;
- ✓ fiação propriamente dita ;
- ✓ acabamento.

Segundo Araujo & Castro (1984), compreende-se como fiação, o conjunto das operações necessárias à transformação de fibras têxteis em fios. Existem uma grande diversidade de fibras que podem ser utilizadas para esse fim, contudo apenas uns números restritos de fibras são utilizados neste processo. As características físicas das fibras são dados determinantes do tipo de tecnologia a utilizar.

Na Figura 5, apresentamos as etapas da produção do fio nas diferentes sistemas existentes.

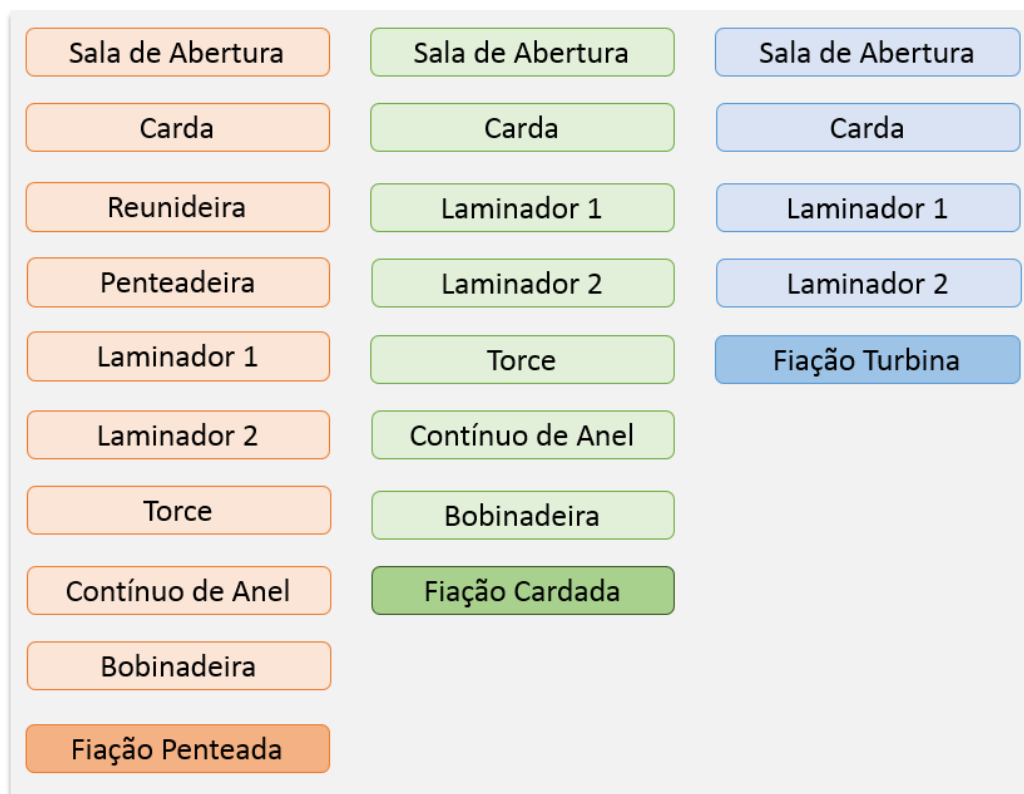


Figura 5 - Etapas dos processos de obtenção dos fios pelos diferentes sistemas existentes.

Segundo Neto (2009), uma fiação de algodão normalmente possui 2 processos produtivos: convencional e não convencional (*Open-end-rotor*). O processo convencional divide-se, por sua vez, em cardado e penteado. No processo convencional penteado é um processo mais longo e algumas máquinas tem como objetivo principal melhorar a qualidade dos fios pela retirada de fibras curtas e o processo open-end rotor é um processo mais simples não necessitando de um adas máquinas utilizadas no processo convencional, pois tem a capacidade de converter a fita à saída da máquina carda ou do lamindador diretamente em fio. O fio produzido pelo open-rotor tem uma estrutura

diferente do fabricado pelo processo convencional, não tendo a mesma qualidade e normalmente é utilizado para fabricação de itens mais rústicos, como peças de moletom e jeans (Neto, 2009). Desta forma percebe-se que o fio produzido no processo convencional penteado, acaba por selecionar fibras mais longas e em geral maior qualidade do produto final e a qualidade do fio open-end é mais baixa que a do processo convencional (cardado/penteado).

2.1.4.1. Fases da Fiação

2.1.4.1.1. Depuração

A depuração é a etapa onde são efetuadas as operações de abertura, desagregação, limpeza paralelização e individualização das fibras. No que diz respeito à limpeza, a remoção de impurezas leva à quebra das fibras. Quanto maior for a quantidade de impurezas, maior será o número de pontos de limpeza que têm que ser utilizados, o que leva a um aumento na produção de desperdício (no qual se encontram incluídas fibras boas), levando também à formação de nepes, e a que a fibra atinja à sua ruptura, acarretando a deterioração no processo de fiação e na qualidade do fio (Vasconcelos, 1993).

2.1.4.1.1.1. Abertura

Esta fase na produção do fio de algodão, de acordo com Eduardo (2012), consiste em abrir os flocos de material para reduzir o tamanho, uma vez que o material pode apresentar algumas impurezas que iriam depreciar as propriedades do fio. Além disso, a abertura dos flocos de fibras, a remoção de impurezas aprisionadas dentro delas é facilitado.



Figura 6 - Abridor automático de fardos Trutzschler.

O abridor de fardos é a primeira máquina do processo de abertura clássica e apresenta-se na Figura 6.

Segundo Antonelli (2007), nas salas de abertura das fiações são utilizadas as misturas, mescladas por fardos com diferentes valores de características, objetivando a racionalização de custos e qualidade final do fio. As características de fibras de algodão em pluma apresentam um alto grau de correlação com as características de qualidades dos fios, pois a formação deste está inteiramente relacionada às características das fibras.

2.1.4.1.1.2. Limpeza

A finalidade desta fase é alcançada pela passagem do algodão por máquinas abridoras e limpadores, onde o algodão é sujeito a uma ação de batimento, de forma a conseguir retirar as impurezas das fibras (Vasconcelos, 1993).

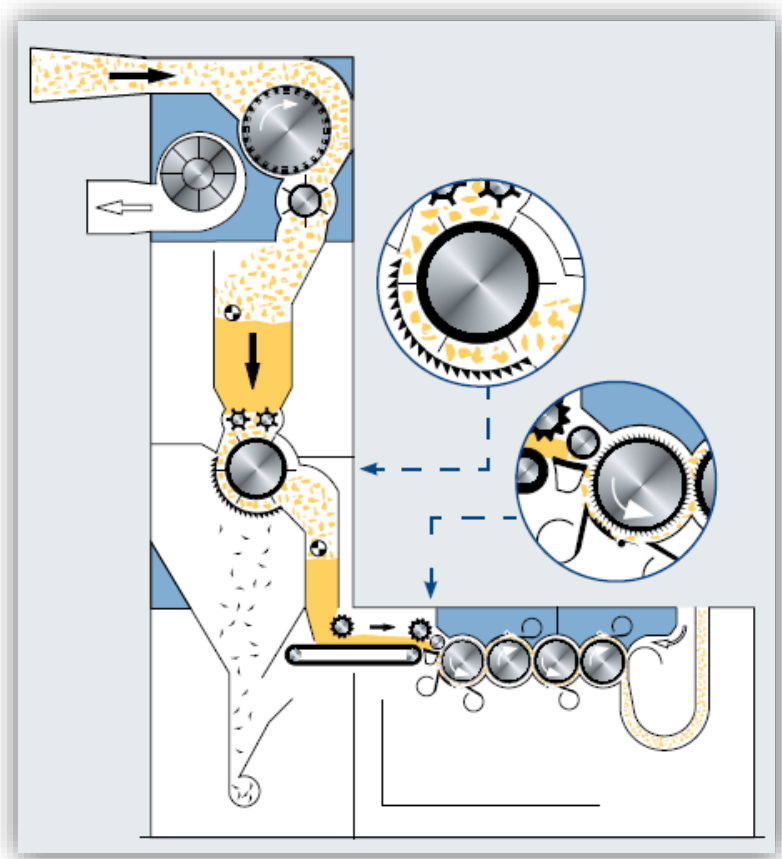


Figura 7 - Limpador (Trutzschler).

2.1.4.1.1.3. Mistura

Nesta etapa, é onde os fardos são selecionados e agrupados em misturas, esta função serve para eliminar a variação natural das fibras do algodão e para alimentar a linha de produção com qualidade consistente da matéria prima.

É fundamental que a média das propriedades básicas da fibra em uma mistura seja análoga durante todo um período para maximizar a eficiência das máquinas da fiação e para produzir o fio com a qualidade esperada (Zago, 2005).

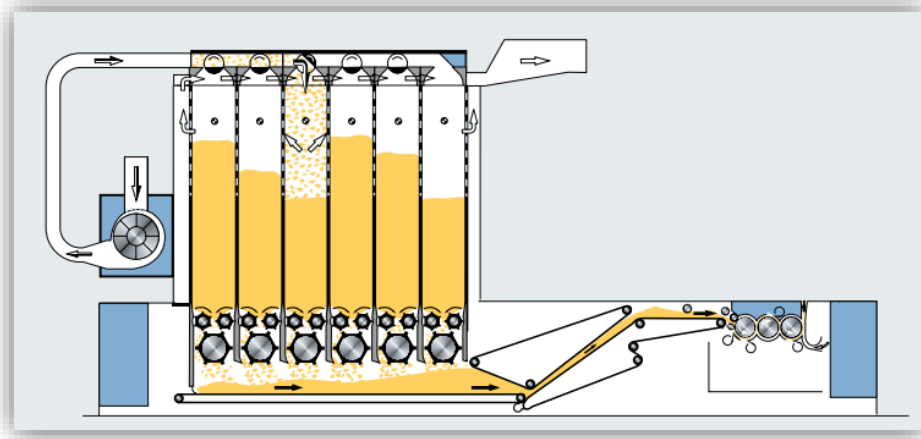


Figura 8 - Misturador Trutzschler.

Segundo Araujo & Castro (1984), para se adquirir uma boa mistura do algodão (uma vez que cada fibra unitária pode ter características físicas diferentes) era comum utilizarem-se câmaras de mistura, na forma de pequenos compartimentos em que a matéria-prima era depositada em camadas horizontais até ficarem cheios e em seguida esta era retiradas no sentido vertical. A finalidade destas câmaras de mistura era conseguir uma mistura uniforme. Modernamente, essas câmaras são geralmente tracadas pelos misturadores automáticos, que são máquinas que servem para misturar fibras já abertas oriundas por diversos fardos. Na Figura 8 apresentamos um misturador acoplado com limpador.

2.1.4.1.1.4. Individualização e Paralelização (cardação)

Segundo Klein (1986), a Carda é responsável por várias e consideráveis atividades no processo de fabrico do fio de algodão, conforme a lista a seguir:

- ✓ Promove a individualização das fibras: abre o algodão flocado da Sala de Abertura em fibras individuais.
- ✓ Afasta as impurezas: efetua uma limpeza mais profunda, eliminando 80-95% das impurezas. Junto a Sala de Abertura, a Carda retira 95-99% do material estranho.
- ✓ Extingue o pó: retira a maior parte do pó presente nas fibras, inclusive o microscópico.

- ✓ Desprende emaranhados de fibras: consegue desprender a maior parte dos emaranhados de fibras (chamados Neps), apenas uma fração deles passando aos processos seguintes.
- ✓ Mistura as fibras: proporciona uma melhor mistura das fibras, trazendo mais uniformidade.
- ✓ Paraleliza as fibras: prepara para um melhor desempenho nos processos seguintes.
- ✓ Forma uma fita: para transportar o material para as próximas etapas do processo, a Carda gera uma fita, com aproximadamente 1cm de espessura, acondicionada em latões.

Na Figura 9, apresenta-se uma carda da marca Trützschler onde o processo o algodão entra em forma de fibras e sai como fita que é depositada em pote. O objetivo desta operação é efectuar a paralelização e a individualização das fibras.



Figura 9 – Carda Trützschler.

Antigamente as cardas utilizadas nas fábricas eram de difícil regulagem, pois possuíam uma válvula de pressão que eram acertada pelo mesmo operador que atua na abertura dos fardos de algodão.

Esta regulagem são realizadas apenas quando algum valor do teste de titulação se apresenta muito fora dos limites de especificação o que acaba por gerar dificuldades na melhoria da qualidade do processo (Resende, 1999).

Atualmente o equipamento que efetua a cardagem sofreu grande evolução e a manutenção é mais simples, basicamente esta relacionada a trocas de guarnições e amolagens.

Os comandos na mistura do algodão, sala de abertura e a cardagem são importantíssimos quando almejamos bons níveis de qualidade e produtividade. As máquinas mais atuais proporcionam uma boa limpeza e bons resultados com relação as características resultantes do algodão. No entanto para isto é necessário matéria prima apropriada e velocidades de máquinas condizentes com o que se espera do produto final (Sestren, 2013).

2.1.4.2. Preparação à fiação

2.1.4.2.1. Regularização

De acordo com o Araujo & Castro (1984), a regularização é realizada por laminadores têm como objetivo de melhorar a uniformidade deste material através dos processos de dublagem e estiragem, minimizando as irregularidades restantes do processo anterior.



Figura 10 – Laminador Trützschler.

Na Figura 10 apresenta-se um laminador da marca Trützschler onde, neste processo, segundo Neto (2009), recebe como entrada diversas fitas da carda, reúne-as em uma única e estira-a, formando uma outra fita da mesma espessura, como resultado deste processo, obtem-se uma nova fita sendo ela mais paralelizadas, uniformizadas e misturadas que são os objetivos desta etapa do processo produtivo. Algumas máquinas mais modernas vem com removedores de pó por sucção.

2.1.4.2.2. Penteação

A operação de penteação, ocorre apenas no processo penteado. Na reunideira, reúne diversas fitas do passador em um rolo, também chamado de manta e a penteadeira tem por objectivo melhorar as características da matéria-prima com a retirada das fibras mais curtas.

De acordo com Neto (2009), na operação de penteação, a penteadeira recebe como entrada a manta proveniente do laminador-reunidor (Unilap) , processa-a, extraindo as fibras mais curtas (em um percentual previsto e ajustado na máquina), emaranhados (Neps) e alguma impureza ainda restante. Na saída, converte a manta novamente em uma fita.

2.1.4.2.3. Estiragem e torção

Segundo Vasconcelos (1993), o torce tem basicamente três funções:

- ✓ Afinar a fita para uma mecha, na qual a massa linear pode variar de 0.2 a 2 Ktex;
- ✓ Prover uma coesão suficiente, pela inserção de torção, evitando quebras e falsas estiragens no desenrolamento das mechas no contínuo de anéis;
- ✓ Formação de uma bobina, para promover o enrolamento da mecha.

Responsável pela primeira torção no processo de fabricação de fios, a torce estira a fita para afiná-la e insere torção para gerar um atrito entre as fibras, objetivando dar maior resistência contra rupturas (Araújo & Castro, 1984).

Na Figura 11, apresenta-se o sistema de estiragem onde a alimentação se faz pelas fitas armazenadas em potes provenientes dos laminadores nesta máquina.



Figura 11 - Sistema de estiragem - torce (Rieter).

2.1.4.3. Fiação Propriamente dita

Finalmente passamos à fase da fiação propriamente dita, isto é, ao contínuo de anéis se tivermos a trabalhar na fiação convencional

Nesta fase, pretende-se:

- ✓ Reduzir a mecha proveniente do torce para conseguir um fio com a secção esperada;
- ✓ Inserir torção necessária ao fio, de acordo com o valor e a utilização posterior para evitar as quebras e falsas estiragens no desenrolamento das mechas no contínuo de anéis;
- ✓ Enrolar o fio produzido numa canilha.

A inserção de torção ao fio é realizada de acordo com a sua utilização posterior, sendo a tecelagem a indústria que requer mais resistência do fio, com uma torção mais forte, enquanto que a

malharia, que determina menor resistência, recebe uma torção mais baixa. Quanto maior a torção, maior o custo do fio pois o continuo de anel demora mais tempo para fazer um fio com mais torção (Neto, 2009).

Em um fio produzido com determinada matéria fibrosa, a resistência do fio é, essencialmente, devida à coesão inter – fibras, instigada pela torção comunicada ao fio e só uma menor parte devida à resistência individual das fibras constituintes (Araujo & Castro, 1984).

Para os filatorios de alta velocidade requer que as fibras sejam mais firmes para que não ocorra a ruptura o que afetam negativamente em sua resistência e o seu alongamento.

O posicionamento, segundo Barbosa (2012), neste tipo de fiação cada fuso é alimentado por uma mecha, gerada na torce, disposta na parte superior do continuo de anel como pode-se observar na Figura 12.

O continuo de anel promove a estiragem, a torção e o enrolamento do fio no pavio e no caso fiação open-end rotor apresentada na Figura 13, a produção do fio é efectuada diretamente da fita, o que evita a necessidade do pavio produzido na torce.



Figura 12 - Continuo de anel a anel Rieter.



Figura 13 - Continuo de anel open-end (Barbosa, 2012) .

Tal como anteriormente mencionado, a torção inserida deverá ser adequada de acordo com a finalidade do fio, pois influencia o toque do tecido segundo Garcia (1995). Um aumento na torção determina um aumento da resistência do fio até um certo limite, a partir do qual uma torção mais

pronunciada enfraquece a resistência pela eclosão da ruptura das fibras, o que faz com que, às vezes, para aumentar a resistência, tenhamos que diminuir a torção.




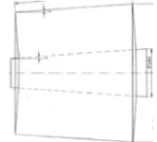
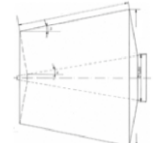
Figura 14 - Bobinas de torce Rieter.

2.1.4.4. Acabamento

Segundo Almeida (2013), a bobinagem (Bobinadeira – conicadeira), a vaporização (vaporizador) e a retorção (retorcedor) são etapas de que podem ser utilizadas na produção do fio de algodão natural e tem por funções específicas o enrolar os fios em uma base adequada, estabilizar de um modo dimensional as características físicas do fio por efeito térmico (calor/vapor) e obter um fio com mais de um cabo respetivamente.

2.1.4.4.1. Bobinagem

A bobinagem, é a passagem do fio das canelas dos contínuos de fiação para cones com maior disposição de armazenamento de fio, que se realiza em máquinas denominadas Bobinadeiras.

TIPO	CARACTERÍSTICA	REPRESENTAÇÃO
Bobinas cilíndricas	As espiras do fio são paralelas umas relativamente às outras.	
Bobinas cónicas	Apresentam um ângulo constante entre as espiras, desde o início da bobina até ao final da formação da bobina.	
Bobinas supercónicas	A conicidade vai aumentando à medida que aumenta o diâmetro da bobina.	

A conicidade das bobinas é função da utilização do fio nas operações de tricotagem, urdissagem, tramas e tingimento. Para cada uma dessas operações são utilizadas cones específicos.

2.1.4.4.2. Vaporização

A vaporização tem por finalidade estabilizar através de vapor as tensões que o fio apresenta devido à torção nele aplicada e que iriam dificultar ou mesmo impossibilitar as operações de acabamento do fio, operação de tecelagem e operação de tricotagem.

2.1.4.4.3. Retorção

A retorção é efectuada por retorcedores com o objetivo de juntar um ou mais fios a fim de melhorar as propriedades mecânicas ou por razões estéticas.

2.1.5. Principais Características do Fio de algodão

A qualidade do fio produzido é medida de acordo com suas características físicas e mecânicas. As principais são As irregularidades de massa (a massa linear, a variação de massa ao longo do fio (USTER), o Coeficiente de variação do USTER (CV (%) USTER); as imperfeições (o número de NEPS, o número de pontos finos, o número de pontos grossos), as propriedades dinamométricas (a tenacidade e o número de rupturas)(Gordeev; Volkov, et al., 1987).

Os aspectos que mais influenciam as propriedades do fio de algodão e, conseqüentemente a sua qualidade são:

- ✓ A quantidade de impurezas que são em grande parte removidas por processos de limpeza, de forma que quanto mais elevado for o percentual de impurezas menor será a qualidade do fio;
- ✓ A capacidade que o fio tem de resistir aos esforços aos quais venha a sofrer nos processos posteriores para sua transformação em tecidos;
- ✓ A capacidade do fio de ser sujeito a flexões e torções sem alterar suas características;
- ✓ A torção influencia a resistência do fio;
- ✓ Regularidade, a uniformidade do fio têxtil é uma das mais importantes propriedades de qualidade, pois ela determinará a qualidade do tecido (barramentos) e do processo (paradas de máquinas);
- ✓ A massa linear é uma expressão numérica que define a sua relação no caso do sistema indireto (c/m).

A importância da padronização das condições ambientais de testes em laboratório deriva do fato de que a umidade percentual é particularmente crítica no caso de propriedades dinâmicas, isto é, resistência, alongamento e módulo (work – to – break). Mas, a regularidade do fio, suas imperfeições e nível de defeitos também são afetados (Fonseca & Santana, 2003).

Quadro 6 - Análise Fibra x Fio (Perupatto et. Al, 2004).

FIBRA	FIO						
	Massa linear Média	Pontos Finos	Pontos Grossos	NEPS	Tenacidade	Alongamento	Quebras
SCI	P	R	R	R	R	P	P
Comprimento	P	R	R	R	B	R	R
Alongamento	R	R	R	P	R	P	P
Resistência	P	P	P	P	P	P	P
Micronaire	B	B	B	R	B	B	B
Maturidade	B	P	P	P	R	B	P
Uniformidade	P	B	B	R	B	P	P

Correlação: B - Boa , R - Regular e P - Péssima

Perupatto et al. (2004), em sua investigação sobre a análise da interdependência entre as propriedades da fibra, teria verificado que 85,8% dos testes apresentaram uma boa correlação, 7,1% apresentaram uma correlação regular e 7,1% uma correlação péssima conforme apresentado no Quadro 6.

No Quadro 7 apresentam-se as correlações obtidas na pesquisa efetuada por Perupatto et al.

Quadro 7 - Resumo da melhores correlações obtidas (Perupatto et al., 2014).

Variáveis		R	Tipo da equação
Fibra x Fibra	Comprimento x Alongamento	0,9498	Polinomial de grau 3
	Comprimento x Resistência	0,9540	Polinomial de grau 2
	SCI x SFI	0,9252	Polinomial de grau 2
Fibra x Fio	Micronaire x Pontos Grossos	0,9219	Polinomial de grau 2
	Uniformidade x Tenacidade	0,8281	Polinomial de grau 3
	Micronaire x Massa Linear Médio	0,9590	Polinomial de grau 2
Fio x Fio	Pontos Grossos x Pontos Finos	0,8963	Polinomial de grau 2
	Tenacidade x Pontos Finos	0,8573	Polinomial de grau 3
	Pontos Grossos x Tenacidade	0,8207	Polinomial de grau 2

O termo qualidade é utilizado frequentemente como sinónimo de produto bom, embora a definição clássica seja a capacidade de satisfazer as necessidades de aplicabilidade ou o grau de conformidade com os requisitos do cliente. Também nas indústrias têxteis, a qualidade desempenha um papel vital devido a uma variedade de produtos intermediários e finais com especificações e padrões para aplicações diversificadas. Diante deste fato, o processo utilizado e a matéria-prima têm um papel fundamental, pois sabe-se que a qualidade final do fio é afetada diretamente por eles (Chatterjee & Chakraborty, 2017).

2.1.5.1. Resistência e Alongamento

Conforme Lavado (2012), entende-se por resistência de um fio a capacidade que quando sujeito a uma força este tem de resistir a esforços até alcançar o ponto de ruptura ao longo de seu comprimento. No caso de fibras descontínuas, esta ruptura ocorre em decorrência dos deslizamentos entre fibras e, no caso de filamentos contínuos, pela ruptura dos mesmos. Influenciam diretamente na resistência de um fio as características das fibras, o tipo de construção ou a tecnologia aplicada, ou seja, o sistema adotado para a produção e ajustes dos equipamentos (massa linear e torção) e, por fim, processos posteriores, tais como purgas, alvejamentos e outros processos de beneficiamento. A resistência do fio, determinada por dinamômetros, pode ser expressa de várias maneiras, das quais se destaca a força apresentada em Newtons, centiNewtons e/ou grama-força (gf), ou pode-se relacioná-la com a unidade da massa linear do fio, tendo-se como exemplo, a tenacidade (cN/tex, cN/Nm e/ou gf/tex) e a resistência Quilométrica (RKm), sendo esta última uma representação de quantos quilômetros de fio são necessários até que o mesmo se rompa com o seu próprio peso. Quanto maior o seu valor numérico, maior a tenacidade do fio, podendo-se adotar a equação:

$$\text{Tenacidade (cN/tex)} = \frac{\text{Força de Ruptura em centiNewtons}}{\text{Massa linear no sistema tex}} \quad (1)$$

A resistência e alongamento do fio são duas características fundamentais, sendo normalmente utilizadas como índices de qualidade, isto devido ao fato de a suas grandezas serem influenciadas por uma combinação de fatores, tais como as propriedades das fibras, a estrutura dos fios e parâmetros inerentes ao processo. Uma das explicações tradicionais do fenômeno de variações da resistência em relação à torção dada ao fio é baseada na combinação de fatores como o deslizamento das fibras e a própria resistência da fibra. Além destas características, outro dos fatores a levar em consideração é o efeito das próprias fibras ao serem enroladas ao longo do seu eixo, isto é, com a inserção da torção, a qual influencia a resistência e o alongamento do fio (Vasconcelos, 1993).

2.1.5.2. Massa linear

Os fios são materiais constituídos por fibras naturais ou químicas, apresentando grande comprimento e reduzida seção transversal. Caracterizam-se pela sua regularidade, seu diâmetro e peso, sendo as duas últimas características determinam a massa linear (Ribeiro, 1984).

Segundo Vasconcelos, para especificar a massa linear são utilizados diferentes sistemas, o direto e o indireto.

No sistema direto quando maior for o valor obtido, maior é a sua seção - Massa por unidade de comprimento.

Este sistema possui dois sub-sistemas:

- ✓ tex, a que corresponde a massa do comprimento de um quilometro de material;
- ✓ denier (de), a que corresponde a massa obtida para um comprimento de 9000 metros de material .

Já o método indireto, quanto maior for o valor obtido menor é a sua seção - Comprimento por unidade de massa e assim como o diretor, este sistema possui dois sub-sistemas:

- ✓ Número inglês (Ne), a que corresponde o número de meadas de 840 jardas no caso de fios de algodão necessárias para obter o peso de uma libra;
- ✓ Número métrico (Nm), a que corresponde o comprimento em metros necessário para se obter um peso de 1 g.

No Quadro 8, apresenta-se as expressões dos métodos de medida da massa linear nos seus variados sub-sistemas.

Quadro 8 - Expressões dos métodos de medida da massa linear.

SISTEMA	SUB-SISTEMA	EXPRESSÃO
DIRETO	Tex	$\frac{m(g)}{c(1000m)}$ (2)
	Denier	$\frac{m(g)}{c(9000m)}$ (3)
INDIRETO	Ne	$0,59 \frac{c(m)}{m(g)}$ (4)
	Nm	$\frac{c(m)}{m(g)}$ (5)

O sistema internacional de medida de massa linear é o tex, embora na indústria algodoeira seja ainda usual a utilização do número inglês (Ne).

Na indústria têxtil, em vez de se determinar com exactidão a secção do têxtil linear, utiliza-se a massa linear para definir este parâmetro.

2.1.5.3. Coeficiente de Variação de Massa (CV%)

A variação de massa por unidade de comprimento, denominada de irregularidade do fio (CV%), é considerada como um fator importante e crítico na qualidade do fio produzido. Estas encontram-se em qualquer fase do processo têxtil, ou seja, estas podem ser identificadas em mantas, fitas, pavios e fios. As imperfeições, isto é, pontos finos, pontos grossos e neps são analisadas separadamente da irregularidade (Vasconcelos, 1993).

Segundo Neto (2009), variação de massa por unidade de comprimento, é um parâmetro importante na comercial de qualidade e uma característica que precisa ser minimizada pois gera problema nos processos seguintes à fiação, como a malharia e tecelagem. Para minimizar esta característica é utilizado no processo de fiação, o passador, que além de paralelizar as fibras, uniformiza diversas fitas de fibra em uma única, buscando assim reduzir a variação na massa do futuro fio.

Existe um limite natural para uniformidade que pode ser alcançado com um fio básico. Para produzir um fio completamente regular, seria necessário ter exatamente o mesmo número de fibras em cada secção transversal do fio. Nenhum processo de fiação disponível pode produzir tais montagens (Saville, 1999).

Conforme Vasconcelos (1993), considera-se que a probabilidade da presença de uma fibra numa dada seção transversal de uma estrutura têxtil linear segue uma lei de Poisson, e, neste caso, o fio tem uma variação de massa mínima de $CV\% = 100 \sqrt{n}$, sendo n a média do número de fibras na seção transversal.

O CV% tem é uma ferramenta estatística claramente mais popular que o Um%, que é a medida clássica de uniformidade do fio. A relação média entre esses dois índices (CV% e Um%) é de 1,25, ou seja, $CV\% = 1,25 \text{ Um}\%$, podendo variar de 1,20 a 1,30 (Fonseca & Santana, 2003).

2.1.5.4. Umidade

A umidade, é uma das características das fibras que pode afetar o fio quanto a sua qualidade.

Segundo Fonseca (2003), a distribuição da umidade ao longo do fio não se dá de forma homogênea, portanto, mudanças nos dados de alongamento, tenacidade, assim como na uniformidade, imperfeições e níveis de defeitos devem ser esperadas.

De acordo com Fonseca (2003), os fios deverão ser condicionadas por no mínimo 24 horas em uma atmosfera padrão antes de ser realizada qualquer tipo de ensaio.

2.1.5.5. Pilosidade (PLHI) e Variação da Pilosidade (Plsh)

Segundo Vasconcelos (1993), a pilosidade é originada por pontas das fibras de diferentes comprimentos e formas que surgem na superfície do fio, não podendo, por razões do processo, permanecer no seu interior.

A pilosidade não é, necessariamente, um defeito. Quem o definirá será a aplicação final a que o fio se destina. Fios com maiores índices de pilosidade são normalmente produzidos para malharia como, por exemplo, moletons e agasalhos (Garcia, 1995; Fonseca, 2003).

2.1.5.6. NEPS

Os neps do fio contribuem para um sério problema no processo têxtil, sua presença nos fios afeta a qualidade e o valor do produto acabado, eleva os índices de rotura nos setores de fiação e tecelagem, provocando diretamente a queda da eficiência, o aumento dos resíduos (desperdícios) e o aumento de imperfeições nos fios e tecidos, causam desgastes de agulha, buraco nas malhas, baixa produtividades e falhas no tingimento.

A maturidade percentual é uma importante propriedade física da fibra, já que existe relação direta entre a maturidade e o potencial gerador de “neps” (Hamby, 1965).

Segundo Machado (2007), o Neps tem origem tanto da matéria-prima como no processo fabril. Da matéria-prima, o Neps pode vir como emaranhamento de fibras com fragmentos da planta do algodão, ou com outros materiais estranhos como fibras de polipropileno e outras sujeiras. Problemas genéticos do algodão ou descaroçamento inadequado podem também originar o Neps. Do processo fabril, os Neps podem surgir da desregulagem nas máquinas, principalmente a Carda.

2.2. Conceitos Informáticos

Neste capítulo apresenta os conceitos básicos de redes neurais artificiais necessários para o desenvolvimento desta pesquisa, destacando-se as redes *MultiLayer Perceptron* (MLP) e seu algoritmo de treinamento o *Backpropagation* (BP) e o *Levenberg-Marquart* (LM).

2.2.1. Redes neurais artificiais (RNAs)

A capacidade das redes neurais artificiais (RNAs) em solucionar problemas complexos e variados tem se tornado uma técnica interessante que pode ser aplicada em diversas áreas de engenharia e ciências (Silva et. al, 2001).

2.2.1.1. Conceitos Gerais

O processamento de dados utilizando RNAs emergiu nas últimas décadas como um poderoso protótipo que tem encontrado aplicações em quase todos os ramos da engenharia. O desenvolvimento de RNA foi inspirado pelos mecanismos pelos quais neurônios biológicos reais trabalham no cérebro humano. O processo decisório do cérebro é emulado por uma rede artificial de elementos de processamento (PE) ou neurônios. Uma rede devidamente treinada pode prever a resposta de saída para um maior grau de precisão do que os modelos matemáticos ou estatísticos convencionais (Majumdar et al., 2004).

Se um agente inteligente tiver de se comportar como um ser humano, pode ser necessário que ele tenha de aprender. O aprendizado é um fenômeno biológico complexo, que não é totalmente compreendido nem mesmo nos seres humanos. Habilitar um agente com inteligência artificial a aprender definitivamente não é uma tarefa fácil. Contudo, no passado, foram utilizadas aprendizado indutivo ou por meio de exemplos. Isso significa que um grande conjunto de problemas e suas soluções são apresentadas para a máquina, a partir dos quais ela pode aprender (Forouzan & Mosharraf, 2011).

2.2.1.2. Funcionamento

As RNAs são criadas a partir de algoritmos projetados para uma determinada finalidade, ou seja, alcançar um resultado ou objetivo. É impossível criar um algoritmo desses sem ter conhecimento de modelos matemáticos que simulem o processo de aprendizado do cérebro humano. Para as RNAs tem-se alguns elementos e se assemelha ao cérebro em dois pontos: o conhecimento é obtido através de etapas de aprendizagem, e pesos sinápticos são usados para armazenar o conhecimento. Sinapse é o nome dado à conexão existente entre neurônios. Às conexões são atribuídos valores, que são chamados de pesos sinápticos. Assim sendo, as redes neurais artificiais têm em sua constituição uma série de neurônios artificiais (ou virtuais) que serão conectados entre si, formando uma rede de elementos de processamento (Antonelli & Netwell, 2015).

O cérebro nos seres humanos segundo Antonelli & Neitzel (2007) é tido como um processador que é altamente complexo e realiza processamento de maneira paralela. Para isso, ele organiza sua estrutura, ou seja, os neurônios, de forma que eles realizem o processamento necessário. Isso é feito numa velocidade extremamente alta e não existe qualquer computador no mundo capaz de realizar o que o cérebro humano faz.

2.2.1.3. *Perceptrons*

Um *perceptron* é um neurônio artificial similar a um único neurônio biológico. Considera um conjunto de entradas ponderadas, soma essas entradas e compara o resultado com um valor-limite. Se o resultado estiver acima do valor-limite, o perceptron dispara; do contrário, não. Quando um perceptron dispara, a saída (resultado) é 1; quando não, a saída é zero (Forouzan & Mosharraf, 2011).

Segundo Kriesel (2005), os *perceptrons* podem ser usados como componentes lógicos simples e que, teoricamente falando, qualquer função com variáveis independentes pode ser determinada por meio de perceptrons conectados em série ou interconectados de maneira sofisticada.

2.2.1.4. *Perceptron* de Multicamadas

A *Multi-Layered Perceptron* (MLP) consiste de um conjunto de unidades sensoriais (neurônios de fonte) que compõe a camada de entrada, uma ou mais camadas ocultas de neurônios computacionais e uma camada de saída de neurônios computacionais. O sinal de entrada se propaga para frente camada por camada através da rede (Krose & Smagt, 1996).

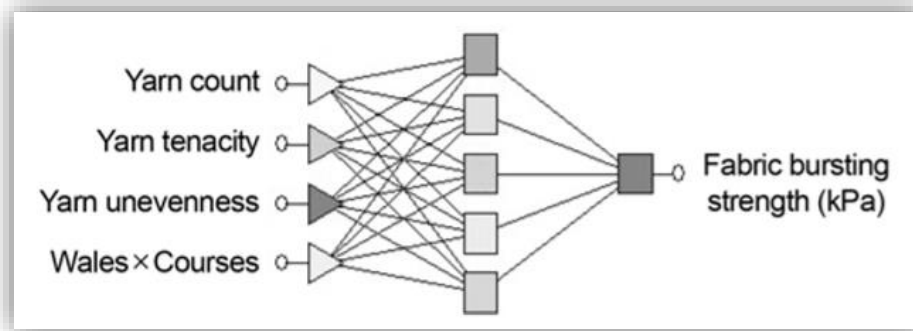


Figura 15 - Rede neural MLP 4:4-5-1:1, baseada nas propriedades do fio para a estimativa da resistência de ruptura do tecido (Unal, 2012).

Como exemplo, na Figura 15, apresenta-se uma rede que possui quatro neurônios nas camadas de entrada e um neurônio na camada de saída e cinco neurônios existem na camada oculta.

Segundo Gurney (1997), uma rede neural é um conjunto interconectado de elementos de processamento simples, chamados de nós, cuja funcionalidade é livremente baseada em neurônios de animais. A capacidade de processamento da rede é armazenada nas forças de ligação entre as unidades, denominadas de pesos, obtidas pelo processo de adaptação ou aprendizagem de um conjunto de treinamento.

2.2.1.5. Aprendizado

A capacidade de aprender a partir de seu ambiente e com isso melhorar seu desempenho é a qualidade mais importante das redes neurais. Isso é feito através de um processo de aprendizagem, que é um processo iterativo de ajustes aplicado a seus pesos sinápticos atribuído a cada variável envolvida, o algoritmo de treinamento. O aprendizado ocorre quando a rede neural atinge uma solução generalizada para uma classe de problemas.

Uma rede neural aprende através de um processo interativo chamado regra ou algoritmo de aprendizagem que consiste em correções ou ajustes de seus pesos sinápticos e bias (Haikin, 1999).

Essas características das redes neurais resultam em algumas atrativas habilidades que incluem (Balestrassi, 2000):

- ✓ encontrar relacionamentos entre conjuntos de dados aparentemente não correlacionados e depois construir um conjunto de informações a partir deles;
- ✓ encontrar relacionamentos entre os dados que analistas humanos não podem descobrir devido suas limitações intrínsecas quando, por exemplo, existe uma grande quantidade de pontos;
- ✓ ter a habilidade e velocidade de analisar os conjuntos de dados em uma fração de tempo inferior aos seres humanos.

A aprendizagem pode se tornar cada vez mais difícil à medida que o número de características (variáveis de entrada) de cada caso aumenta, o número de exemplos necessários para se aprender um certo conceito cresce exponencialmente. Este problema é conhecido como maldição da dimensionalidade (*curse of dimensionality*) (Vliante, 1984).

AS redes neurais no caso da utilização do *Statistica: Neural Networks®* (SNN) são treinadas usando-se somente um grupo de treinamento. O grupo de seleção é usado para manter uma checagem independente sobre o desempenho da rede durante o treinamento, porque um aumento excessivo do erro no grupo de seleção indica um *over-learning*. O SNN utiliza um recurso definido como *Intelligent Problem Solve* (IPS), para a seleção da estrutura das redes que realiza o treinamento e se um *over-learning* ocorre, o mesmo é encerrado e o estado da rede é restabelecido para o de menor valor do erro no grupo de seleção (Antonelli, 2007).

Outro grande problema enfrentado no treinamento das redes neurais é o *overfitting*. Nesta situação a rede neural perde sua capacidade de generalização e passa a memorizar os exemplos de treinamento. Este problema ocorre geralmente devido ao elevado número de neurônios na camada escondida e excesso de treinamento. No entanto, se o número de neurônios na camada escondida for muito baixo, ocorrerá o *underfitting*, ou seja, circunstância na qual a rede não converge durante seu treinamento.

Existem algumas regras clássicas utilizadas na definição da quantidade de elementos da camada intermediária. Nesta determinação é necessário evitar-se o *under-learning* (a rede não alcança um nível de desempenho aceitável) ou o *over-learning* (o erro começa a crescer). Neste último caso, deve-se buscar diminuir o número de neurônios ou mesmo o número de camadas ocultas (Freiman, 2004).

Durante o aprendizado, as redes neurais identificam quais as modificações foram mais significantes no processo, de forma que os seus pesos passam a serem ajustados. As características mais influentes terão um peso de influencia maior do que as características menos influentes. A adaptação dos neurônios é crucial para a formação ordenada do mapa, pois, apesar de um neurônio ser afetado independentemente do outro, é o conjunto dianteiro que representa a informação. Para que haja o aprendizado do neurônio é fundamental que ele se modifique. Essa modificação é realizada ajustando os pesos que fazem conexão com as entradas (Tafner et. al., 1996).

2.2.1.5.1. Treinamento *Back propagation* (BP)

Segundo Junior et al. (2017), é a função de treinamento de rede que atualiza os valores de peso e viés de acordo com a otimização de *Levenberg-Marquardt* (LM). Isso minimiza os quadrados dos erros e a combinação de pesos; portanto, determina a combinação correta para produzir uma rede com boa capacidade de generalização, cujo processo é chamado de regularização Bayesiana.

O treinamento utilizando o *Backpropagation* (BP) ocorre em duas fases, em que cada fase percorre a rede em uma única direção. Estas duas fases são chamadas de fase *forward* e fase *backward*.

Braga et al. (2000) descreve as duas fases do algoritmo *Backpropagation* (BP) em:

Fase *forward*:

1. A entrada é apresentada à primeira camada da rede.
2. Para cada camada C_i a partir da camada de entrada 1.
Após os nodos da camada C_i ($i > 0$) calcularem seus sinais de saída, estes servem como entrada para a definição das saídas produzidas pelos nodos da camada C_{i+1} .
3. As saídas produzidas pelos nodos da última camada são comparadas às saídas esperadas. Nessa fase, são determinadas as saídas para um dado padrão de entrada.

Fase *backward*:

A partir da última camada até a camada de entrada.

1. Os nodos da camada atual ajustam seus pesos de forma a reduzir seus erros.

2. O erro de um nodo das camadas intermediárias é calculado utilizando os erros dos nodos da camada seguinte conectados a ele, ponderados pelos pesos das conexões entre eles. Nessa fase, as saídas esperadas e calculadas são comparadas e então os pesos ajustados.

O algoritmo de treinamento BP é baseado no cálculo do gradiente de uma função erro (E) segundo Antonelli (1998) Apud Antonelli & Neitzel (2016). Como o gradiente informa a direção em que a função é crescente, esse método caminha em direção oposta ao gradiente, ou seja, para um ponto de menor valor da função erro definida. Assim, uma vez atingido o ponto de mínimo da função, têm-se os valores dos pesos que produzem os menores erros de saída. No aprendizado supervisionado a direção é baseada no gradiente (∇E) de todo o conjunto de dados. A seguir tem-se a representação matemática do algoritmo:

$$\Delta w_{ij}(t) = -\eta * \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} + \alpha * \Delta w_{ij}(t - 1) \quad (6)$$

Onde, Δw é o valor da correção do peso w_{ij} , t é o instante atual, $t-1$ é o instante anterior, η é o passo de aprendizado, α é o coeficiente de momento, e $\frac{\partial E}{\partial w_{ij}}$ é a derivada parcial da função erro em relação ao peso w_{ij} .

O coeficiente de momento pode acelerar o treinamento em regiões lisas da superfície do erro e suprimir as oscilações dos pesos em vales ou ravinas íngremes. Uma boa escolha do passo de aprendizado (η) e do coeficiente de momento (α) é essencial para o sucesso e a velocidade do treinamento. O ajuste manual desses parâmetros pode ser difícil e delongar para problemas mais complexos. Durante o processo de treinamento, a correção dos pesos é realizada no sentido inverso da rede, ou seja, da saída para a entrada. Diz-se que o erro se propaga para trás (*back propagation*) (Antonelli, 2015).

2.2.1.5.2. Treinamento Levenberg-Marquardt

O algoritmo *Levenberg-Marquardt*, desenvolvido independentemente por Kenneth Levenberg e Donald Marquardt, fornece uma solução numérica para o problema de minimizar uma função. É rápido e tem convergência estável. No campo de redes neurais artificiais, esse algoritmo é adequado para treinar problemas de pequeno e médio porte (Hagan & Menhaj, 1994).

Treinar uma rede menor geralmente requer menos computação porque cada iteração é computacionalmente menos dispendiosa. As redes menores também têm atrasos de propagação muito baixos de suas entradas para suas saídas. Isso é muito importante durante a fase de teste da rede, onde geralmente são necessárias respostas rápidas (Hung et al., 2011).

Em uma RNA de Múltiplas Camadas, o algoritmo de *Levenberg-Marquardt* (LM) utiliza uma aproximação pelo método de Newton, de forma a minimizar a função erro no decorrer do processo de aprendizagem; esta aproximação é obtida a partir do método de Gauss-Newton modificado. A atualização dos pesos através do método de Gauss-Newton é realizada utilizando a Equação 3 (Haykin, 2009):

$$w_{(n+1)} = w_{(n)} - (J_{(n)}^T J_{(n)} + \delta I)^{-1} J_{(n)}^T e_{(n)} \quad (7)$$

onde n é o número da iteração; $w_{(n)}$ é o peso na n ésima iteração; $J_{(n)}$ é a matriz jacobiana do vetor do erro em relação ao vetor peso na n ésima iteração; δ é uma constante positiva pequena escolhida para assegurar que $(J_{(n)}^T J_{(n)} + \delta I)$ seja definida positivamente para todo n e $e_{(n)}$ é o erro na n ésima iteração.

3. Estado da Arte

A técnica de Redes Neurais Artificiais (RNAs) é utilizada para a resolução de diversos tipos de problemas característicos da Inteligência Computacional (IC) com a utilização de dados/variáveis relacionadas entre si, cada uma com sua maior ou menor influência na solução de um determinado problema.

Técnicas de previsão das propriedades do fio, determinação da fibra, previsão de defeitos na malha, classificação, reconhecimento de padrões, clusterização, entre outros são alguns exemplos onde foi aplicado esta técnica e neste capítulo serão abordados mais a fundo estas pesquisas e suas técnicas.

3.1. Previsão do Fio e Determinação da Fibra

Por meio de *Data Mining*, Vasconcelos (1993) utilizou modelos matemáticos que envolveram técnicas da inteligência artificial para o desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Fiação. Nesta pesquisa foi possível relacionar as propriedades dos fios com as propriedades das ramas e das ramas com as propriedades dos fios.

Data Mining ou Mineração de Dados é uma técnica que se utiliza de uma grande quantidade e informações já conhecidas de variáveis de entrada, processos e saídas que resulta em um algoritmo computacional.

Para a determinação das características da fibra e para a previsão propriedade do fio, o sistema utilizou 21 dados entre as características da fibra e do fio, do tipo de processamento e o método de controle.

Segundo Vasconcelos (1993), essa pesquisa proporcionou um alcance de 100% dos objetivos propostos, que contou com o desenvolvimento de 18 modelos e que foi posteriormente implementado ao Sistema de Apoio à Fiação, chamado de SAF.

Alguns estudos, como dos pesquisadores Vasconcelos(1993), se basearam nas características físicas da fibra de algodão tais como, comprimento, micronaire, grau de uniformidade, alongamento, resistência, cor e grau de impureza, outros como por exemplo Miguel & Bastos

(2003), além das físicas também extraíram as características químicas a partir das características físicas.

De acordo com Miguel & Bastos(2003), em sua investigação, utilizou a prospecção de dados das características químicas. Verificou-se que este processo foi mais demorado pela utilização métodos laboratoriais.

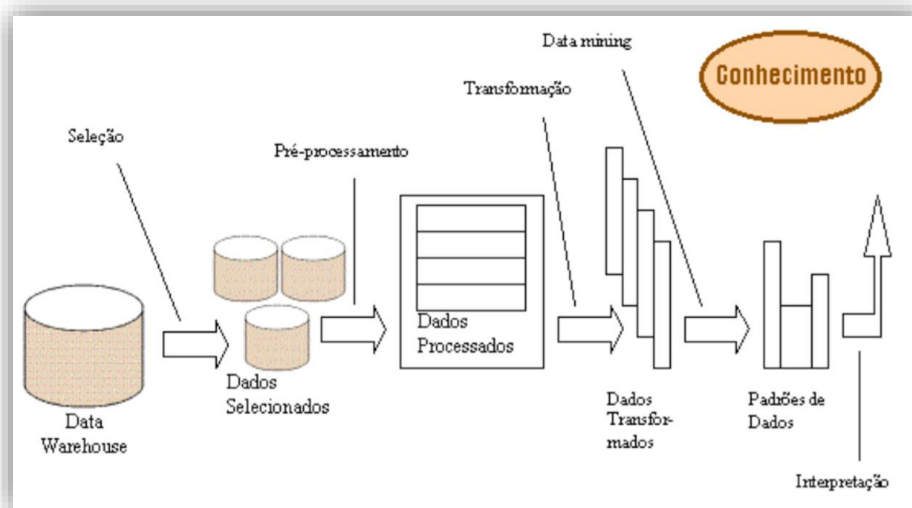


Figura 16 - Visão generalista do processo de DCBD(Vasconcelos & Bastos, 2003) .

Através desses dados e a utilização de um *software* que executa a mineração de dados (*Data Mining* Clementine), foi determinado às relações e associações entre conjuntos de dados.

Para a realização e conclusão dessa pesquisa foi necessário o estudo e análise das características das fibras, seleção dos dados, pré-processamento, implementação do sistemas, interpretação e validação do conhecimento e consolidação do conhecimento. Os resultados atingidos demonstram que através do Clementine e aplicando técnicas de prospecção de dados, podemos identificar, analisar e prever relacionamentos entre as diferentes propriedades do algodão e a posterior inferência das propriedades químicas da fibra a partir das propriedades físicas existentes, já que os resultados obtidos com este estudo assentam na obtenção de um conjunto de regras uniformes e com um grau de confiança elevado, através da aplicação de diferentes modelos existentes na ferramenta utilizada (Vasconcelos & Bastos, 2003).

Por meio de *Data Mining* Vasconcelos (1993) obteve os modelos matemáticos que possibilitou a conclusão de sua pesquisa.

3.2. Seleção de Fardo a fim de Manter um Padrão de Qualidade

Outros pesquisadores, como Sarkar & Majumdar (2006), se preocuparam em minimizar a variabilidade das propriedades do fio ao longo do tempo para manter um padrão de qualidade.

O grande desafio de engenharia do fio é não só produzir fios, com as características definidas pelo cliente, mas também minimizar as variabilidades das propriedades do fio ao longo do tempo (Sarkar & Majumdar, 2006).

Majumdar et. al (2004), em sua tese formulou um processo de seleção do fardo com o auxílio das redes neurais artificiais, considerado apenas dois atributos de fibra de algodão, ou seja, SCI e micronaire.

O resultado desta pesquisa através da análise de erro final dos fardos selecionados, demonstrou que a utilização das redes neurais como método de seleção de fardos, resultou numa boa associação das propriedades com os fios de destino.

3.3. Determinação da Propriedade do Fio

Antonelli & Neitzel (2007), desenvolveram uma aplicação das RNA para o processo de produção do fio de algodão em uma fição. A seleção da estrutura de rede para determinar a propriedade do fio foi realizada com o IPS (*Intelligent Problem Solve*) do *software* Statistica (*SNN: NEURAL NETWORKS®*). Para os testes dividiram-se os dados nos subconjuntos de treinamento, seleção e testes na proporção 2:1:1 (604 casos para treinamento, 302 para seleção e 301 para teste).

Apesar das limitações de uso que apresenta e de não determinar com precisão os valores absolutos da propriedade do fio, o método demonstrado representa uma excelente ferramenta para definir as variações das qualidades do fio quando se alteram a composição da matéria-prima ou ajustes do processo. Assim, o responsável pela composição da mistura pode efetuar a simulação, no computador, da mistura a ser processada na fábrica com a utilização de informações dos fardos de algodão em estoque, procurando, deste modo, montar uma mistura que mantenha a estabilidade de todo o processo produtivo (Antonelli & Neitzel, 2017).

A estrutura de rede que é apresentado na Figura 17 utiliza a função de ativação linear na camada de entrada, função de ativação hiperbólica nas camadas intermediárias e função de ativação sigmoidal na camada de saída e foram utilizados nesta estrutura, 6 dados das características da fibra e 3 dados do processamento resultando em 7 dados de características do fio.

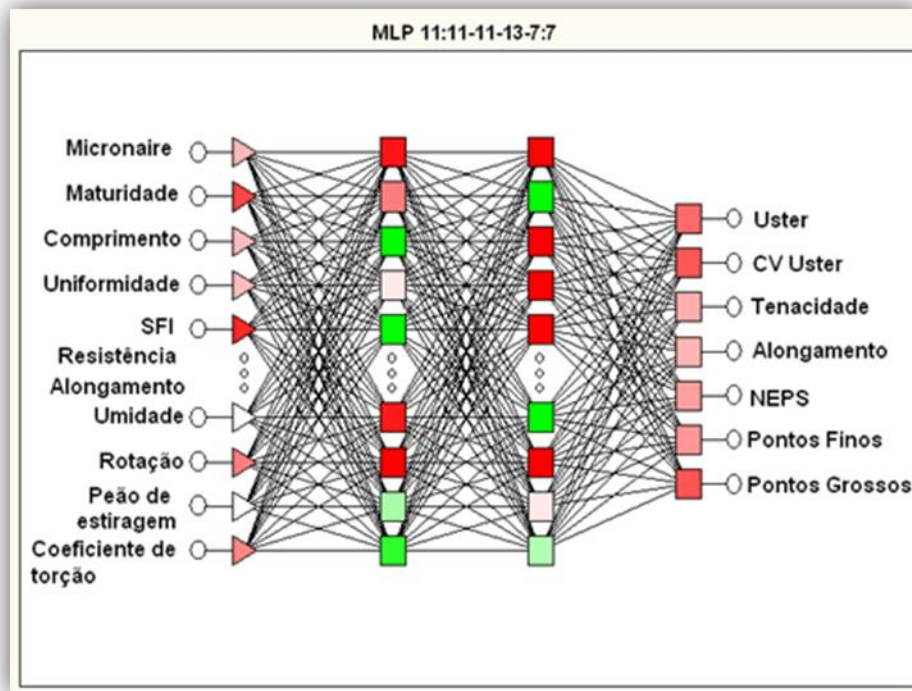


Figura 17 - Estrutura de RNA utilizada para determinar a propriedade do fio (Antonelli & Neitzel, 2017).

Mwasiagi et. al (2012), a fim de melhorar o desempenho dos padrões de previsão de parâmetros de fios utilizaram algoritmos de treinamentos híbridos.

A partir de 144 registros de dados, a RNA foi determinada utilizando 14 fatores de entrada, comprimento, uniformidade, micronaire, maturidade, SCI, SFI, resistência, alongamento, grau de impurezas, grau de amarelecimento, massa linear, torção do fio, Rotação do fuso e diâmetro de anel e 3 parâmetros de propriedade do fio (alongamento, resistência e uniformidade) como saída.

Os algoritmos híbridos combinaram os algoritmos *Differential Evolution* (DE) e *Levenberg-Marquart* (LM) e BP. Os modelos de previsão de propriedade do fio treinados usando os algoritmos híbridos fornecem melhores modelos de previsão de propriedades de qualidade de fios quando comparado aos modelos que usam somente o algoritmo de LM (Mwasiagi et al., 2012).

Amin (2013), desenvolveu um algoritmo genético(GA) para prever as propriedades do fio utilizando dados codificados em bits e string aplicados a técnica de rede neural.

A abordagem não implica a complexidade computacional como um algoritmo de autômatos de estado finito determinista. São considerados todos os atributos de entrada para que o sistema produza regras precisas, enquanto outros algoritmos, como o algoritmo de autômatos determinísticos do estado autônomo, utilizam apenas alguns dos atributos de entrada. Além disso, isso não faz parte dos pesos para extravasar a classe mais alta. Portanto, o algoritmo proposto tem um tempo computacional menor comparado com os outros algoritmos (Amin, 2013).

3.4. Gerenciamento da Produção para Minimizar os Custos

Segundo Camargo (2012), as decisões operacionais de produção numa indústria de fiação são planejadas na prática determinando soluções dos sub-problemas de dimensionamento e sequenciamento de lotes e da mistura de fardos de algodão. As tarefas são: definir o tamanho, a sequência, o tempo e alocação de cada lote de produção e quais fardos de algodão devem ser utilizados na produção. Por si só, os sub-problemas representam grandes desafios no planejamento da produção. Entretanto, para melhor representar o ambiente produtivo e alcançar custos de produção mais baixos, indústrias de processo, como as de fiação, procuram integrar mais e mais seus sub-problemas de planejamento.

Sua pesquisa teve como objetivo, apresentar modelos matemáticos e métodos de solução para auxiliar a tomada de decisão no nível operacional do planejamento da produção.

Camargo (2012) comprovou que restrições relativas à qualidade dos fios influenciam os custos e a viabilidade do planejamento da produção e que o planejamento integrado dessas operações trata o sistema considerando restrições que se relacionam, definindo planos de produção mais realistas.

3.5. Utilização de Técnicas para Classificar o Algodão *Lint*

Neste estudo, Mwasia et al.(2009) utilizou amostras das fibras de algodão de três regiões do Quênia referentes as safras 2003/2004 e 2004/2005 e utilizou a *Self Organizing Maps* (SOM)

para visualizar os dados de HVI, a técnica *k-means* para agrupar os dados e por fim a Rede Neural Probabilística (PNN) para a classificação dos dados.

Quadro 9 - Apresentação das características da fibra de algodão nos quatro grupos (Mwasia et al., 2009).

Fatores HVI	Grupo			
	1	2	3	4
Micronaire	4.03	3.95	3.31	3.06
Comprimento	30.38	29.96	29.27	29.23
Maturidade	0.88	0.86	0.82	0.81
<i>SPINNING CONSISTENCY INDEX</i> (SCI)	164.00	157.00	135.00	143.00
Resistência	32.57	30.25	26.85	27.78
Uniformidade	85.00	84.00	82.00	83.00
Índice de fibras curtas (SFI)	7.73	8.13	9.56	9.73
Alongamento	6.18	6.16	5.88	5.86
Refletância(Rb)	76.45	79.53	70.68	66.43
Amarelamento(+b)	10.95	11.25	13.64	14.79
Número de partículas de impurezas superficiais (TrCent)	27.54	11.93	33.27	69.96
Percentual de área ocuada pelas impurezas (TrArea)	0.40	0.15	0.48	0.91
Gau de folhas (LfGrade)	4.00	2.00	4.00	6.00
Número de Cases	26	90	49	27

Como conclusão a técnica *k-means* de agrupamento revelou que a fibra de algodão do Quênia tende a ter maiores valores de micronaire, maturidade, índice de consistência, resistência, uniformidade, alongamento e reflectância, mas valores mais baixos para amarelamento, fibra curta valores de medições de percentual de impurezas. O algoritmo PNN classificou com sucesso a fibra de algodão em quatro grupos, conforme o Quadro 9 (Mwasia et al., 2009).

3.6. Previsão da Carga de Quebra da Resistência do Fio de Algodão Egípcio

No trabalho de El-shakankery Et al. (2014), a rede neural foi treinada e usada para prever a quebra de fios, propriedades de carga e comparados a resultados experimentais. Em cada caso, a previsão do erro foi inferior ao desvio padrão dos resultados experimentais. O modelo de rede de propagação posterior não é limitado por quaisquer pressupostos sobre propriedades estatísticas dos dados.

O efeito da uniformidade do comprimento é observado quando a tenacidade da fibra e a contagem de fios são menores. Além disso, o fio torna-se mais fino, a carga de ruptura do fio diminui (El-shakankery et al., 2014).

3.7. Utilização de Genótipos como Previsão da Fibra de Algodão

Com o objetivo de apresentar o uso de redes neurais artificiais como ferramentas auxiliares na melhoria do algodão para melhorar a qualidade da fibra, E. Junior (2017) utilizou dados de avaliação de 40 genótipos.

A partir destes genótipos foram aplicadas nas RNA apresentando como resultados as seguintes características das fibras: comprimento da fibra, uniformidade de comprimento, resistência da fibra, índice micronaire, alongamento, índice de fibra curta, índice de maturidade, grau de reflexão e índice de qualidade da fibra.

Ao observar os resultados obtidos neste estudo, verificou-se que as redes neurais artificiais apresentam grande potencial para serem utilizadas nos diferentes estágios de um programa de melhoramento genético do algodão, com o objetivo de melhorar a qualidade da fibra (Junior et. al, 2017).

3.8. Outras Pesquisas

Além das pesquisas citadas anteriormente, a técnica de RNAs foi utilizada em outros setores da Engenharia Têxtil.

A seguir apresentamos algumas pesquisas atuais que envolve RNAs e Engenharia Têxtil.

3.8.1. Previsão do Perfil Drapeado nos Tecidos

Mais um exemplo da utilização das RNA foi o da previsão do perfil drapeado nos tecidos que segundo Pattanayak (2010), é um dos muitos fatores que influenciam a aparência estética de um tecido e tem um excelente efeito sobre a beleza formal do tecido.

Com o objetivo de prever este efeito de queda no tecido de algodão, utilizou a técnica de processamentos de imagem num instrumento chamado de *Drapemer* criado especialmente para analisar os parametros de drape e as propriedades mecânicas de baixo estresse foram testadas pelo sistema de avaliação Kawabata. Após a análise destes dados aplicou a técnica de RNA e o método de regressão múltipla.

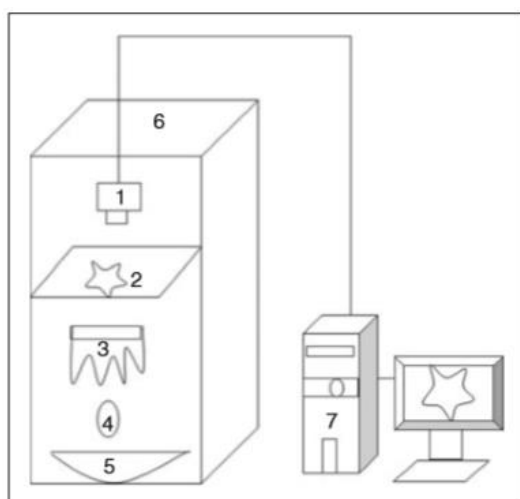


Figura 18 - Esquema do Drapemer.1-câmera digital, 2-placa de vidro,3-sombra drapejada,4-lâmpada,5-espelho concavo, 6-Drapemer, 7-computador.Fonte Pattanayak Et al.(2010).

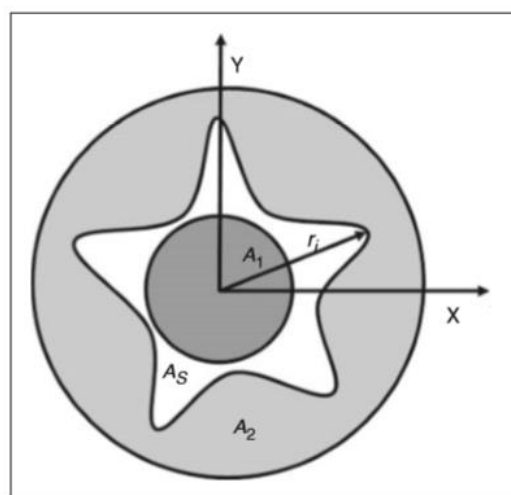


Figura 19 - Imagem do perfil drapeado (Pattanayak et al., 2010).

Na **Figura 19**, A_S é a área da imagem de tecido, A_1 é a área do disco de suporte de tecido A_2 é a área da amostra de tecido não ondulada r_1 é o raio do disco de suporte de tecido r_2 é o raio da amostra de tecido drapeado (Pattanayak et al.,2010).

Neste estudo, investigaram-se a relação entre os parâmetros de drapeamento de tecido, como coeficiente de drapeado, índice de distância de drapeado, índice de profundidade de dobra, amplitude e número de nós e propriedades mecânicas de baixo estresse (Pattanayak et al., 2010).

Como resultado desta pesquisa, Pattanayak concluiu que embora a técnica de RNA e o método de regressão múltipla sejam úteis para a previsão dos parâmetros de drapeado, o modelo de rede neural provou ser o melhor entre esses dois, conforme indicado pela baixa percentagem erro. O sistema de previsão de drapeado permite a compreensão quantitativa da drapabilidade dos materiais com mais detalhes, juntamente com os parâmetros da forma e a tecnologia de medição. Portanto, é muito útil para a fabricação de têxteis e confecções de alta qualidade.

3.8.2. **Previsão das Propriedades de Cores**

A técnica de RNA também foi utilizada para prever as propriedades de cores do tecido 100% algodão acabado com laser, incluindo o rendimento de cor sob a influência do laser, o processo de gravação com várias combinações de parâmetros de processamento a laser.

Como parâmetros da rede foram utilizadas a composição de fibras, densidade de tecido (urdidura e direção da trama), massa de tecido, espessura de tecido e densidade linear de fios (direção de urdidura e trama).

Segundo Hung Et al. (2011), o modelo *Artificial Neural Networks* (ANN) foi comparado com um modelo de regressão linear, obtendo-se resultados superiores na predição de propriedades de cores de tecidos de algodão 100% gravados a laser. A importância relativa dos fatores examinados que influenciam as propriedades de cores também foi investigada. A análise revelou que os parâmetros de processamento a laser desempenharam um papel importante em alterar as propriedades de cor dos tecidos de algodão 100% tratados.

Para a avaliação da RNA, Hung et. al. (2011), utilizou as funções erro absoluto média(MAE), erro quadrático médio (MSE) e *root mean square error*. Estas três funções são amplamente utilizadas na avaliação do efeito do ajuste.

Os resultados experimentais deste estudo revelaram que mudanças no número de nós do modelo da rede neural afetam o desempenho do modelo e que as propriedades de cores poderiam ser preditas com precisão com a ajuda do modelo ANN. Esses resultados de predição demonstraram a utilidade do tratamento a laser antes da coloração e podem encontrar boas aplicações para uso

futuro pela indústria têxtil. Quando uma comparação foi feita entre ANN e a Regressão Linear(LR) (Hung et al., 2011).

3.8.3. Previsão da Resistência Térmica do Tecido

As propriedades térmicas são uma das propriedades mais importantes de vestuário de têxteis. Por exemplo, o isolamento térmico é muito importante para estimar o conforto da roupa. Propriedades térmicas são influenciados não apenas pelos parâmetros físicos como a espessura e densidade superficial de tecidos, mas também por parâmetros estruturais tais como o tear . O conforto da roupa está intimamente relacionado com o conforto térmico e o último é caracterizado por três propriedades importantes resistência térmica, condutividade térmica e térmica absorvidade (Mitra et al., 2013).

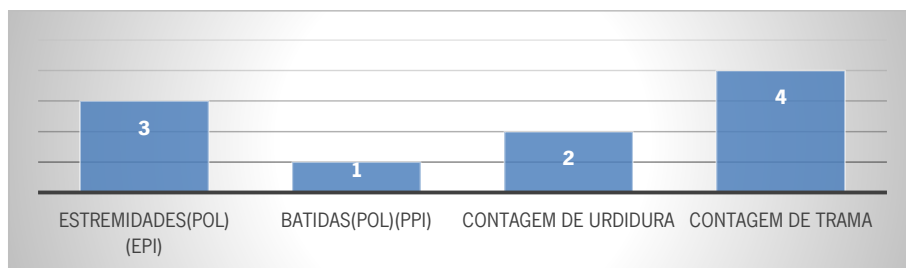


Figura 20 - Gráfico de análise de sensibilidade. Fonte: Autoria própria.

Com o objetivo de prever a resistência térmica do tecido, Mitra (2013) utilizou a técnica de RNA relacionando quatro parâmetros principais de construção de tecido, ou seja, extremidades por polegada (EPI), batidas por polegada (PPI), contagem de urdidura e contagem de trama como entradas.

3.8.4. Previsão de Piling em Tecidos de Malha

Kayseri & Kirtay (2015), por meio da análise de sensibilidade proveniente da determinação de uma RNA, podem definir as propriedades efetivas na formação de piling.

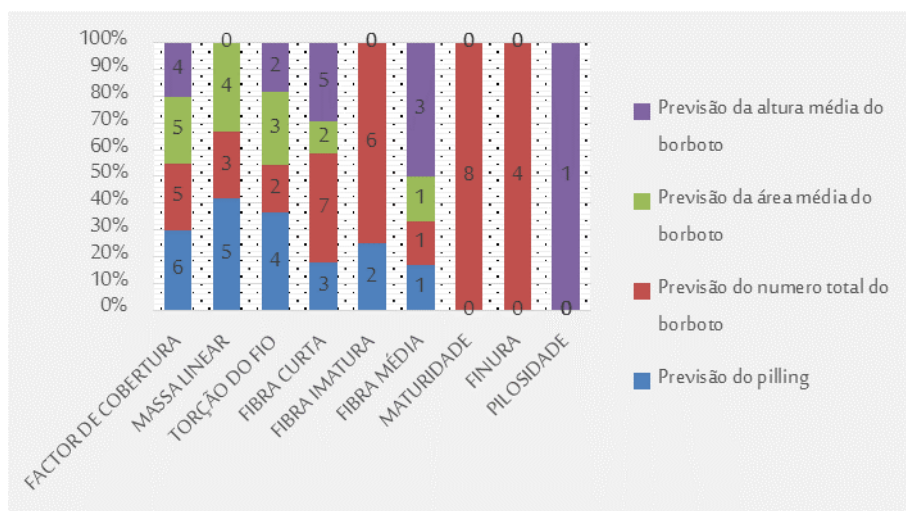


Figura 21 - Análise de sensibilidade. Fonte: Adaptação de Kayseri & Kirtay (2015).

Foram utilizados fios de diferentes massas lineares (Ne 20, Ne 30, Ne 40) e coeficientes de torção do fio ($\alpha = 3.2$, $\alpha = 3.6$, $\alpha = 4.0$), bem como sete tipos de algodão colhidos de diferentes regiões. As malhas foram fabricadas em três diferentes fatores de aperto, incluindo denso, médio e solto, alterando o comprimento do fio utilizado em cada curso das malhas. Os modelos para o grau de pilling, o número total de borbotos, o número de borbotos ponderadas totais, a área média borboto assim como a altura média do borboto nas malhas avaliados pelo *PillGrade Objective Pilling Grading System*, foram obtidos. Todos os modelos indicaram um poder de estimativa relativamente bom. O fator de cobertura de tecido e a percentagem de fibra curta são os parâmetros mais significativos na determinação de propensão de pilling dos tecidos de malha interligados (Kayseri & Kirtay, 2015).

4. Materiais e Métodos

A metodologia é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade (Prodanov & Freitas, 2013).

Segundo Silva e Menezes (2005), pesquisar significa “procurar respostas para indagações propostas”, e que para Gil (2002), é um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico”, ou seja, a pesquisa promove o descobrimento de respostas para problemas, com o auxílio de procedimentos científicos. Ainda segundo os mesmos autores, a pesquisa pode ser classificada por vários pontos de vista: *quanto à sua natureza; à forma de abordagem do problema; dos seus objetivos; e dos procedimentos técnicos.*

Este trabalho é classificado como uma pesquisa de natureza aplicada, que tem por objetivo a geração de conhecimento para a aplicação prática e dirigido à solução de problemas específicos (previsão das características do fio em função das fibras utilizadas e determinação de fibra apropriada à produção de um determinado fio), levando em consideração dados reais e os interesses da indústria de fio e demais pesquisadores. Em relação à forma de abordagem do problema, foi utilizada a metodologia de pesquisa quantitativa pois, trata-se de uma pesquisa que se traduz em na obtenção de um número elevado de dados coletadas em ambiente real , nomeadamente numa fiação, com o intuito de classificá-las e analisá-las. Já em relação aos seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória, pois têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições.

Para conseguirmos atingir os objetivos propostas foram utilizadas sete etapas distintas: coleta dos dados, adequação dos dados, análise dos dados, definição das redes neurais, treinamento das redes, testes, validação, desenvolvimento do *software (back-end e front-end)* inserção do algoritmo gerado das RNAs.

4.1. Materiais

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados os dados de uma fiação brasileira que disponibilizou todo o material desde as características das fibras, os ajustes de máquinas e as propriedades do fio produzido nas safras de 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017.

A Fiação onde foram coletados os dados utiliza para a produção do fio cardado e fio penteado a mesma matéria prima , produzindo fios de massa linear 26 e 30 Ne no processo cardado e fios 26, 30 e 40 Ne no processo penteado . Totalizaram 90 registros de fibras de algodão, 16 de laminador 1, 16 de laminador 2, 14 da torce, 196 do contínuo de anel e 309 registros de fios.

Estes dados de produção do fio de algodão, para a implementação das redes neurais, foram representados genericamente em três etapas; características das fibras, ajustes das máquinas (laminador, torce e contínuo de anel) e as propriedades do fio conforme apresentado a Figura 22, para previsão da propriedade do fio e determinação das características da fibra.

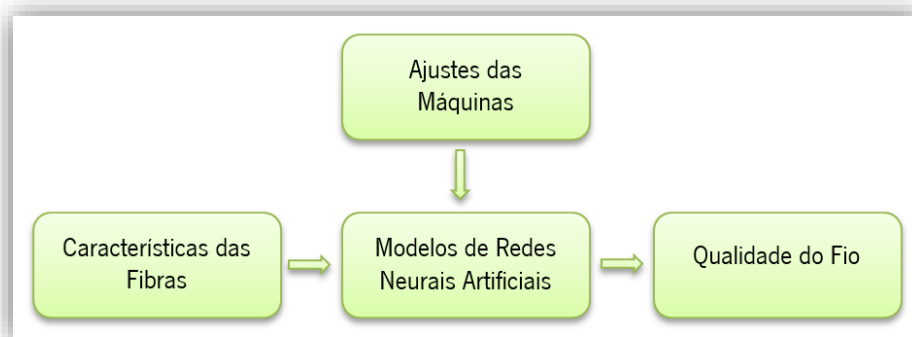


Figura 22 - Etapas do processo genérico de produção do fio de algodão.
Fonte: Adaptado de Antonelli & Neitzel, 2016.

Para prever a propriedade do fio e para determinar as características das fibras, os dados foram relacionados cronologicamente entre as características das fibras, os ajustes das máquinas e a propriedade do fio produzido e exportados para o banco de dados para serem relacionados. Esse processo está descrito no item a seguir.

4.2. Adequação dos Dados Coletados

Para obtermos o registro do fio com suas características, as regulagens dos equipamentos utilizados na linha de produção e a fibra utilizada com suas características, foi mapeado a linha de produção na ordem inversa relacionando as datas de produção de cada fio, datas iniciais e finais das regulagens de cada equipamento e as datas iniciais e finais da utilização de cada fardo de pluma na entrada da linha de produção.

Este relacionamento foi feito por meio de instruções *Structured Query Language* (SQL). Esta linguagem relaciona tabelas por meio de pesquisa de busca de dados fazendo a união dos campos.



Figura 23 - Relacionamento inverso por data dos dados coletados. Fonte: Propria autora.

Após relacionar cronologicamente os dados coletado obteve-se 77 registros para o processo do fio cardado e 135 para o processo do fio penteado.

4.3. Análise dos Dados

Como as redes neurais necessitam de situações diferentes no processo de aprendizado, essa análise se baseou em apurar estas variações.

Nesta etapa, foram determinados os valores do coeficiente de variação (CV) e do desvio padrão, os valores mínimos e máximos, que auxiliaram na determinação das variáveis mais influentes na previsão das propriedades do fio e determinação das características da fibra, para selecionar os dados de testes e futura validação dos dados no protótipo.

A metodologia utilizada nesta determinação foi a mesma para ambas as linhas de produção. A seguir serão apresentados as determinações da linha de produção do fio cardado e da linha de produção do fio penteado.

4.3.1. Características das Fibras

Com base nos dados obtidos no HVI, equipamento citado na secção 2.1.1.2 , o setor de qualidade da fábrica, forneceu os valores das características das fibras de algodão que foram utilizadas na produção do fio de algodão.

Quadro 10 - Faixa de valores das características das fibras de algodão no processo cardado.

Variável Calculada	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (CV)	Mínimo	Máximo
Comprimento (COMP)(mm)	29,1	0,31	1,07	28,80	29,40
Uniformidade (UNIF)(%)	81,6	0,49	0,60	81,10	82,10
Micronaire (MIC) (g/pol)	4,0	0,13	3,25	3,90	4,10
Resistência (RESIST) (gf/tex)	30,7	0,88	2,87	29,80	31,60
Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	6,6	0,06	0,91	6,50	6,70
Número de partículas de impurezas superficiais (Tr cnt) (%)	12,3	4,66	37,89	7,60	17,00
Percentual de área ocupada pelas impurezas (Tr area) (%)	0,2	0,06	30,00	0,20	0,30
Gau de folhas (Lf Grade) (%)	2,5	0,47	18,80	2,00	3,00
Maturidade (MR) (%)	0,9	0,01	1,11	0,90	0,90
Índice de Fibras curtas (SFI) (%)	9,1	0,44	4,84	8,60	9,50
Umidade (Moist) (%)	7,1	0,60	8,45	6,50	7,70

No Quadro 10, pode se observar que a características do número de partículas de impurezas obteve o maior desvio padrão, pois quanto maior for o coeficiente de variação(CV) mais longe os dados estão da média.

O Quadro 11, apresenta-se os valores apurados das características das fibras de algodão no processo penteado.

Quadro 11 - Faixa de valores das características das fibras de algodão no processo penteado.

Variável Calculada	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (CV)	Mínimo	Máximo
Comprimento (COMP)(mm)	29,07	0,29	0,01	25,90	32,30
Uniformidade (UNIF)(%)	81,47	0,45	0,01	72,92	90,11
Micronaire (MIC) (mg/pol)	3,98	0,13	0,03	3,46	4,51
Resistência (RESIST) (gf/tex)	30,65	0,95	0,03	26,73	34,76
Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	6,60	0,06	0,01	5,89	7,32
Número de partículas de impurezas superficiais (Tr cnt) (%)	11,11	2,36	0,21	7,88	14,82
Percentual de área ocuada pelas impurezas (Tr area) (%)	0,22	0,05	0,22	0,15	0,29
Gau de folhas (Lf Grade) (%)	2,36	0,42	0,18	1,75	3,06
Maturidade (MR) (%)	0,87	0,01	0,01	0,78	0,96
Índice de Fibras curtas (SFI) (%)	9,20	0,41	0,04	7,91	10,57
Umidade (Moist) (%)	7,02	0,60	0,08	5,78	8,37

Podemos perceber que a resistência e o número de partículas são as características com maior variação comparando os processos cardado e penteado.

4.3.2. Ajustes das Máquinas

Para os dados das máquinas, foram utilizados os ajustes efectuados no Laminador1, Laminador 2, Torce e Contínuo de anel.

Quadro 12 - Faixa de valores das variáveis de ajuste nos Laminadores do processo cardado.

Variável Calculada		Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (CV)	Mínimo	Máximo
Laminador 1	Velocidade Metros por minuto (MPM)	381,40	17,34	4,55	364,10	398,80
	Escartamento trazeiro (ESC_TRZ)	52,40	0,91	1,74	51,50	53,30
	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	42,00	0,00	0,00	42,00	42,00
Laminador 2	Velocidade Metros por minuto (MPM)	716,20	47,60	6,65	668,60	763,80
	Escartamento trazeiro (ESC_TRZ)	7,30	0,45	6,16	6,80	7,70
	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	4,30	0,45	10,47	3,80	4,70

No Quadro 12, apresentam-se as variáveis de ajuste nos laminadores do processo cardado, conforme mostrado, a característica de maior desvio padrão foi a velocidade metros por minuto (MPM) e o Escartamento dianteiro (ESC_DIA) do Laminador 1 como ocorreu um desvio padrão de 0, o coeficiente de variação também não variou. Desta forma o Escartamento dianteiro (ESC_DIA) do Laminador 1 manteve os mesmo valores em todos os *cases*, ou seja, constante durante todas as safras coletadas.

Quadro 13 - Faixa de valores das variáveis de ajuste nos Laminadores do processo penteado.

Variável Calculada		Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (CV)	Mínimo	Máximo
Laminador 1	Velocidade Metros por minuto (MPM)	349,00	0,00	0,00	314,10	383,90
	Escartamento trazeiro (ESC_TRZ)	53,00	0,00	0,00	47,70	58,30
	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	42,00	0,00	0,00	37,80	46,20
Laminador 2	Velocidade Metros por minuto (MPM)	500,00	0,00	0,00	450,00	550,00
	Escartamento trazeiro (ESC_TRZ)	4,50	0,00	0,00	4,05	4,95
	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	2,00	0,00	0,00	1,80	2,20

As variáveis de ajuste nos laminadores do processo penteado, podem ser observadas no Quadro 13, como os ajustes foram os mesmos, não existe o desvio padrão os valores foram constantes para este processo.

Quadro 14 - Faixa de valores das variáveis de ajuste da Torce no processo cardado.

Variável Calculada	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (CV)	Mínimo	Máximo
Escartamento frontal (EFRONTAL)	37,50	0,00	0,00	37,50	37,50
Escartamento intermediário (EINTERM)	49,50	0,00	0,00	49,50	49,50
Escartamento trazeiro (ETRAZEIRO)	52,50	0,00	0,00	52,50	52,50
Torção por minuto (T/P)	1,10	0,02	1,82	1,10	1,10
Rotação por minuto do fuso (RPMFS)	1139,50	22,84	2,00	1116,70	1162,40

No Quadro 14 apresentam-se os valores de ajustes do torce no processo cardado. A característica de maior desvio foi o Rotação por minuto do fuso (RPMFS), enquanto que os Escartamentos frontal (EFRONTAL), Escartamento intermediário (EINTERM) e Escartamento trazeiro (ETRAZEIRO) não existiu variação.

Quadro 15 - Faixa de valores das variáveis de ajuste da Torce no processo penteado.

Variável Calculada	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (CV)	Mínimo	Máximo
Escartamento frontal (EFRONTAL)	37,50	0,00	0,00	33,75	41,25
Escartamento intermediário (EINTERM)	49,50	0,00	0,00	44,55	54,45
Escartamento trazeiro (ETRAZEIRO)	52,50	0,00	0,00	47,25	57,75
Torção por minuto (T/P)	1,18	0,01	0,01	1,05	1,30
Rotação por minuto do fuso (RPMFS)	1196,35	9,33	0,01	1068,31	1326,25

Da análise do Quadro 15, verifica-se que a característica que apresenta um maior desvio foi o Rotação por minuto do fuso (RPMFS).

No Quadro 16 e no Quadro 17, apresentam-se os ajustes do contínuo de anel cardado e penteado, as únicas características com uma pequena variação foram a Rotação do fuso (RPM_FS) e o Percentual de estiragem (EST%).

Quadro 16 - Faixa de valores das variáveis de ajuste do contínuo de anel no processo cardado

Variável Calculada	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (CV)	Mínimo	Máximo
Rotação do fuso (RPM_FS)	16545,50	97,06	0,59	16448,40	16642,50
Percentual de estiragem (EST%)	105,70	0,45	0,43	105,30	106,20
Percentual de torção (TORC%)	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00

Quadro 17 - Faixa de valores das variáveis de ajuste do contínuo de anel no processo penteado.

Variável Calculada	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (CV)	Mínimo	Máximo
Rotação do fuso (RPM_FS)	17133,33	122,17	0,01	15310,05	18981,05
Percentual de estiragem (EST%)	107,79	0,58	0,01	96,49	119,20
Percentual de torção (TORC%)	100,00	0,00	0,00	90,00	110,00

4.3.3. Propriedades do Fio

Conforme já citado na secção 4.3.1, a quantidade e os dados das propriedades do fio foram fornecidos pelo setor de qualidade da Indústria de fiação e representam-se no Quadro 18 e Quadro 19.

Quadro 18 - Faixa de valores das variáveis do fio cardado.

Variável Calculada	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (CV)	Mínimo	Máximo
Massa linear (NE)	28,40	1,96	6,90	26,50	30,40
Índice Uster (UM%)	13,23	0,66	4,99	12,56	13,89
Coefficiente de variação de massa (CVM%)	16,80	0,85	5,06	16,00	17,70
Pontos finos (PFINO)	28,40	12,95	45,60	15,40	41,30
Pontos grossos (PGROS)	296,50	95,51	32,21	201,00	392,00
Neps (NEPS)	270,40	56,65	20,95	213,70	327,00
Pilosidade (PLHI)	6,70	0,63	9,40	6,10	7,40
Variação de pilosidade (PLSH)	1,60	0,09	5,63	1,50	1,70
Tenacidade (TENAC)	14,50	0,55	3,79	14,00	15,10
Alongamento (ALONG)	5,60	0,33	5,27	5,60	5,94

Quadro 19 - Faixa de valores das variáveis do fio penteado.

Variável Calculada	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (CV)	Mínimo	Máximo
Massa linear (NE)	28,93	3,69	12,75	25,24	32,62
Índice Uster (UM%)	10,46	0,62	5,93	9,84	11,08
Coefficiente de variação de massa (CVM%)	13,24	0,80	6,04	12,44	14,04
Pontos finos (PFINO)	2,37	3,04	128,27	-0,67	5,41
Pontos grossos (PGROS)	34,48	29,76	86,31	4,72	64,24
NEPS	63,77	36,63	57,44	27,14	100,40
Pilosidade (PLHI)	6,05	0,67	11,07	5,38	6,72
Variação de pilosidade (PLSH)	1,35	0,10	7,41	1,25	1,45
Tenacidade (TENAC)	15,75	0,66	4,19	15,09	16,41
Alongamento (ALONG)	5,62	0,35	6,23	5,27	5,97

Verifica-se pela análise do Quadro 18 e no Quadro 19, que todas as características do fio sofreram variações, sendo os valores dos Pontos grossos(PGROS), Pontos finos (PFINO) e Neps (NEPS) os que apresentaram uma maior variação.

Após a análise dos dados coletados passou-se para a definição das redes neurais artificiais.

4.4. Definição dos Modelos de Qualidade

Define-se como modelo de qualidade, o arquivo gerado no aplicativo *SNN* estruturado em uma linguagem computacional para ser implementado a um *software*.

Nesta secção iremos abordar a metodologia utilizada pra a definição dos modelos de qualidade utilizando a técnica das redes neurais artificiais (RNAs).

4.4.1. Definição das Estruturas de RNAs

Para a definição das estruturas das redes, foi utilizado o *Software Statistica Neural Network* (SNN) que possui como uma de suas técnicas a RNA com o recurso para a determinação de estruturas de redes o IPS (*Intelligent Problem Solver*).

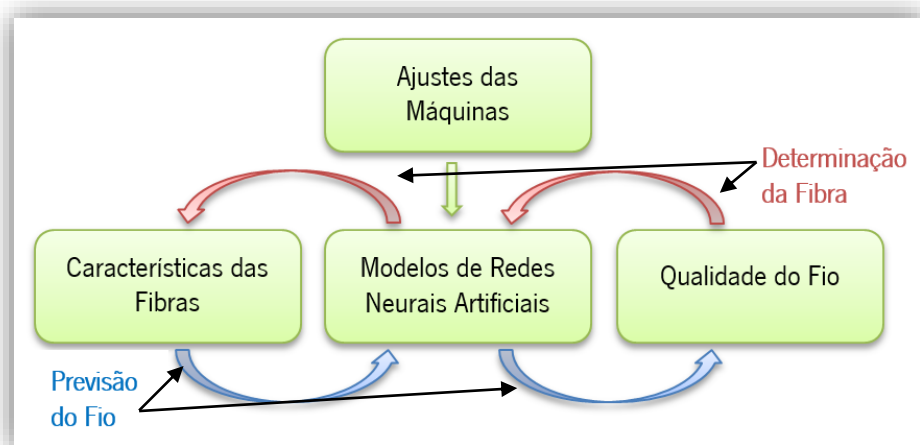


Figura 24 - Etapas do processo para determinar as características da fibra e do processo para previsão do fio.

Após a adequação dos dados apresentados na secção 4.2, os mesmos foram inseridos e formatados de acordo com o seu tipo em uma tabela chamada "*Spreadsheet*", onde, cada linha são os registros dos dados chamados de "*cases*" e as colunas as propriedades.

Estando os dados formatados na “*Spreadsheet*”, foram então definidos os valores de entrada e saída da rede, de acordo com o objetivo desta, previsão das propriedades do fio ou determinação das características da fibra.

Em ambos os processos, cardado e penteado, na etapa de previsão das propriedades do fio, foi relacionado as características das fibras aos ajustes das máquinas e na etapa de determinação da fibra foi relacionada as propriedades do fio aos ajustes das máquinas. A Figura 24, apresenta a representação desses relacionamentos.

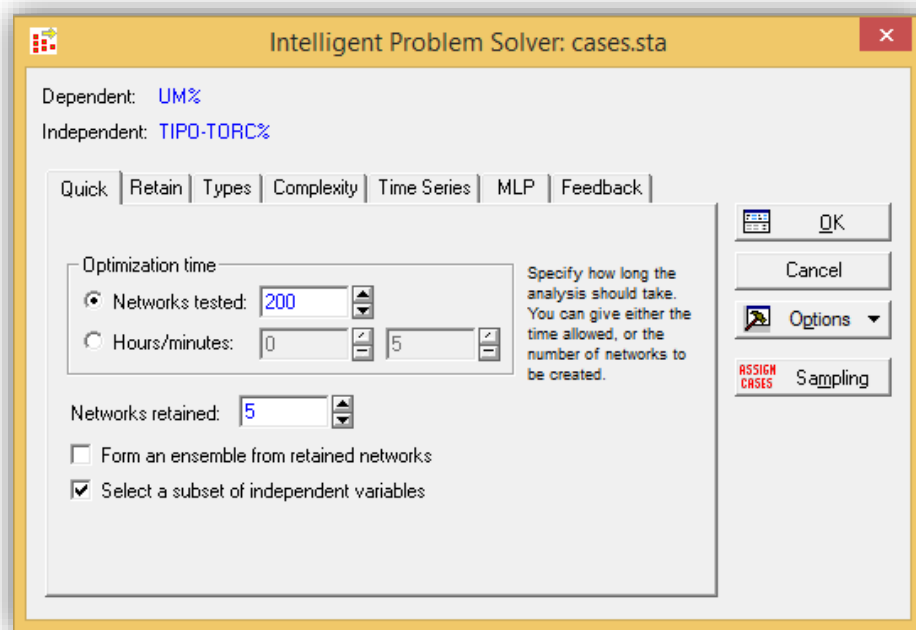


Figura 25 - Formulário para configuração da rede no aplicativo Software SNN.

Após a definição dos prováveis valores de entrada e da saída, foi selecionado o recurso *Intelligent Problem Solver* (IPS) apresentado na Figura 25, onde se pode definir o número de redes a serem testadas e a quantidade de redes a reter, ou seja armazenar as redes com os melhores resultados. Ainda é possível, escolher se a rede mantém fixo todos os dados de entrada ou seleciona um conjunto de entrada baseado na análise de sensibilidade aos dados de saída, o IPS é um módulo de fácil uso e de grande poder de análise que guia o usuário em um processo que vai desde a construção de diferentes redes até a escolha daquela que demonstra ter o melhor desempenho.

Nas abas existente (*Type, Complexity e MLP*), pode-se selecionar os tipos de estruturas de redes, complexidades quanto ao número de neurônios escondidos e a preferência pela seleção da rede, por melhor seleção dos dados ou ao melhor índice de treinamento.

Para a configuração do IPS, se fez da seguinte forma:

- ✓ foram testadas, na maioria das redes criadas, 200 a 500 redes;
- ✓ retidas as 5 melhores baseando no menor erro nos testes;
- ✓ selecionado como estrutura da rede do tipo MLP (*Multi Layer Perceptron*);
- ✓ Complexidade 80 ou 100 neurônios nas camadas escondidas;
- ✓ Indicado a seleção automática das variáveis de entrada mais influentes ou a manutenção de todos os dados de entrada baseando-se no menor erro nos testes.

4.4.2. **Treinamento das RNAs**

Antes do treinamento das redes neurais, foi selecionado (excluído do treinamento) um conjunto de dados para serem utilizados na etapa de testes considerando a faixa de valores mínimos e máximos citados na secção 2.2.1.5.

Na Figura 26, apresentamos o formulário do software SNN, onde é possível excluir-se “cases” (seta 1) ou executar o processo utilizando “cases” específicos (seta 2).

O treinamento, consiste em diminuir o erro, melhorando assim a correlação entre as entradas e as saídas. As RNAs, foram treinadas utilizando basicamente duas técnicas de treinamento, *Back-propagation* e o *Levenberg-Marquardt*.

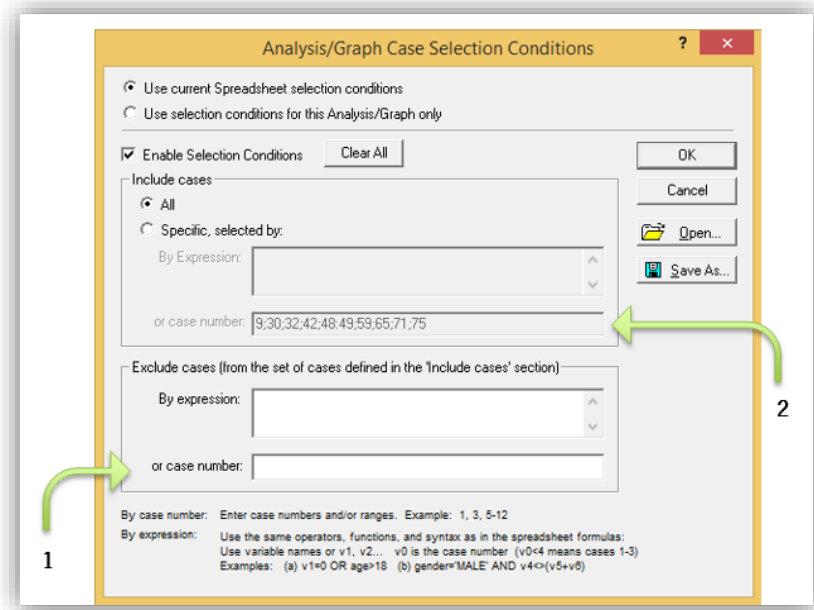


Figura 26 - Formulário para indicar a seleção das cases da rede no aplicativo Software SNN.

Na Figura 27, apresentamos o formulário onde foi selecionado o tipo de treinamento e os números de interações (*epochs*) de cada rede.

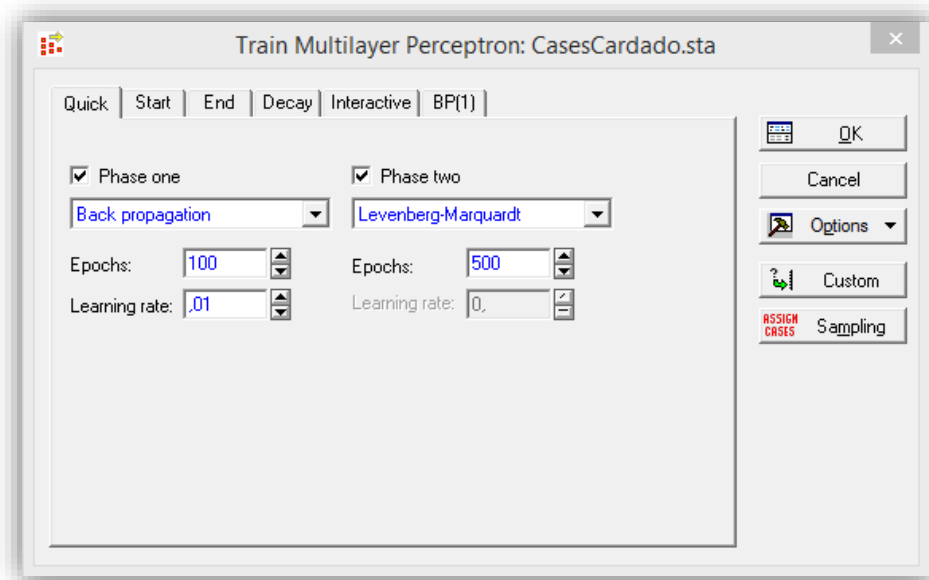


Figura 27 – Formulário *Train Multilayer Perceptron*.

Após a definição da RNA e seu treinamento, o *software SNV* disponibilizou, dentre os dados estatísticos, uma tabela onde é possível analisar o *ranking* de correlação entre as variáveis de entrada e de saída da rede, onde se pode verificar as variáveis mais importantes, ou seja, as variáveis de maior influência no resultado de saída e uma tabela para análise de correlação. Os resultados obtidos são apresentados no capítulo 5.

4.4.3. Testes da RNAs

Após o treinamento da rede, passou-se então para a fase de testes, utilizando as *cases* que foram previamente selecionadas de acordo com o formulário apresentado na Figura 26. Sendo que o número de *cases* variou de uma rede para outra.

Foi definido um índice chamado Treinamento perfeito (Tp) que representa o erro percentual entre os valores observados e previstos conforme a equação a seguir:

$$Tp = \frac{V_{previsto} - V_{observado}}{V_{previsto}} * 100 \quad (8)$$

Onde $V_{previsto}$ representa o valor previsto, $V_{observado}$, o valor observado.

Esse mesmo procedimento foi efectuado para ambos os processos cardado e penteado sendo que as etapas de testes foram implantadas em todas as redes definidas.

4.4.4. Confiabilidade das RNAs

Para avaliar a confiabilidade das redes, foram utilizadas técnicas estatísticas para a análise do intervalo de confiança do erro de cada RNA.

Utilizou-se o teste t-student é um teste que compara a média de variáveis independentes, uma vez encontrado o valor de t deve-se consultar uma tabela de valores críticos da estatística t de acordo com o número de amostras utilizadas no teste para isto foram seguindo os seguintes passos:

Passo1. Calculo do erro percentual (\overline{Tp}), que é a diferença entre os resultados dos valores observados e previstos;

Passo 2. Calcular da média dos erros;

Passo 3. Calcular o desvio padrão do erro (S);

Passo 4. Determinar o t-student.

O teste t-student perfeito de cada rede foi determinada pela equação 9 , utilizando um nível de confiança de 95%.

$$h = t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

Onde temos que h representa o semi-intervalo de confiança a $1-\alpha$, S é o desvio padrão das amostras de teste, n é o número de amostragens para o teste e $t_{n-1, 1-\alpha/2}$ é o valor tabelado de *t-student* para $n-1$ graus de liberdade e $1-\alpha$ o nível de confiança.

Assim, tem-se que o intervalo de confiança para o treinamento perfeito é dado pela fórmula:

$$Tp = [\overline{Tp}-h, \overline{Tp}+h] \quad (10)$$

Onde \overline{Tp} é o valor médio do erro percentual de cada rede.

Esse intervalo representa os valores mínimos e máximos de erro na variável de saída de cada rede, com um grau de confiança de 95%, ou seja, tem-se 95% de certeza que o valor calculado pela rede possui um erro nesse intervalo de valores.

5. Análise e Discussão de Resultados

As primeiras redes neurais a serem definidas foram as relativas ao processo de fiação cardado. Procuramos considerar todos os 25 dados em sua entrada e de acordo com a reação de cada rede, passamos a basear os dados de entrada analisando o “*rank*” de sensibilidade. Desta forma algumas redes tiveram os dados de entrada variados de uma rede para outro.

Ao utilizar todos os dados coletados, percebeu-se que tanto na definição da estrutura como no treinamento, o SNN, levou um maior tempo no processamento e os resultados não foram satisfatórios, de forma que quando apresentados ao aplicativo, a seleção dos dados de maior influência no “*rank*” de sensibilidade, o processo foi mais rápido, com bons resultados e válidos.

Desta forma, utilizaram-se as redes que tiveram uma melhor seleção dos dados com um menor erro nos testes durante a definição da estrutura. A partir da análise efectuada, pode-se qualificar, algumas das características, ou seja, quais são mais influenciadas do que outras tanto na previsão das propriedades do fio como também na determinação das características da fibra. Essa qualificação fez-se por meio da análise de sensibilidade com relação aos componentes de entrada.

Foram criadas 27 RNAs, 11 redes para o processo penteado e 16 do processo cardado.

5.1. Estruturas das RNAs

Nesta secção são apresentadas as estatísticas descritivas das redes neurais, os modelos de regressão, testes e dados gerais utilizados nos modelos para a previsão das propriedades do fio e determinação das características da fibra do processo cardado e penteado.

No Quadro 20, apresentam-se os 16 modelos de rede da linha de produção cardada, dentre elas, 8 modelos do processo para a determinação das características da fibra e 8 do processo de previsão das propriedades do fio.

Quadro 20 - Estrutura das RNAs da linha de produção cardada.

	RNAs	Entradas	Camada Escondida	Saídas	Modelo	Treinamento
DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS FIBRA	Maturidade(MR) (%)	24	60	1	MLP 24:24-60-1:1	LM500,BP600
	Resistência (RESIST) (gf/tex)	24	39	1	MLP 24:24-39-1:1	LM500,BP100
	Índice de fibras curtas (SFI)	17	13	1	MLP 17:17-13-1:1	BP1000,LM156
	Uniformidade (UNIF)(%)	23	58	1	MLP 23:23-58-1:1	BP100,LM500
	Umidade (Moist) (%)	12	6	1	MLP 12:12-6-1:1	BP100,LM1500
	Micronaire (MIC) ($\mu\text{g}/\text{pol}2$)	24	50	1	MLP 24:24-50-1:1	BP100,LM500
	Comprimento (COMP)(mm)	24	34	1	MLP 24:24-34-1:1	BP100,LM500
	Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	24	32	1	MLP 24:24-32-1:1	BP100,LM500
PREVISÃO DAS PROPRIEDADES DO FIO	Alongamento (ALONG)	25	61	1	MLP 25:25-61-1:1	BP100,LM2500
	Coefficiente de variação de massa(CVM%)	25	30	1	MLP 25:25-30-1:1	LM500,BP100
	Massa linear (NE)	8	7	1	MLP 8:8-7-1:1	BP1000,LM500
	Índice Uster (UM%)	25	26	1	MLP 25:25-26-1:1	LM500,BP100
	Pilosidade (PLHI)	25	28	1	MLP 25:25-28-1:1	BP100,LM500
	Variação de pilosidade (PLSH)	25	54	1	MLP 25:25-54-1:1	LM500,BP100
	Tenacidade (TENAC)	25	131	1	MLP 25:25-131-1:1	BP100,LM500
	Pontos grossos (PGROS)	14	51	1	MLP 14:14-51-1:1	BP100,LM24

O modelo MLP 24:24-60-1:1 do MR, representa uma rede MultiLayer Perceptron, com 24 neurónes de entrada, 60 neurónes camada escondida e 1 neurónio de saída. O treinamento foi feito em duas etapas utilizando os métodos, conforme descrição de cada método na secção 2.2.1.5, Levenberg-Marquardt (LM), com 500 interações e Backpropagation (BP) com 600 interações.

No Quadro 21, apresentam-se os modelos das redes dos processos de previsão das propriedades do fio e determinação das características da fibra para o processo penteado.

Quadro 21 - Estrutura das RNAs da linha de produção penteada.

RNAs		Entrada	Camada Escondida	Saída	Modelo	Treinamento
DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA FIBRA	Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	10	9	1	MLP 10:10-9-1:1	BP100,LM1000
	Uniformidade (UNIF)(%)	10	53	1	MLP 10:10-53-1:1	BP100,LM426
	Índice de fibras curstas (SFI)	12	8	1	MLP 12:12-8-1:1	BP1000,LM500
	Resistência (RESIST) (gf/tex)	12	31	1	MLP 12:12-31-1:1	BP100,LM392
	Maturidade(MR) (%)	19	51	1	MLP 10:10-51-1:1	BP1000,LM378
	Micronaire (MIC) (µg/pol2)	10	55	1	MLP 10:10-55-1:1	BP100,LM388
	Comprimento (COMP)(mm)	10	41	1	MLP 10:10-41-1:1	BP100,LM1000
	Umidade (Moist) (%)	3	49	1	MLP 3:3-49-1:1	BP1000,LM42500
PREVISÃO DAS PROPRIEDADES DO FIO	Índice Uster (UM%) Coeficiente de variação de massa (CVM%) Pilosidade (PLHI) Variação de pilosidade (PLSH) Tenacidade (TENAC) Alongamento (ALONG) Massa linear (NE)	5	80	7	MLP 5:5-80-7:7	BP1000,CG500
	NEPS	11	43	1	MLP 11:11-43-1:1	BP100,LM242
	Pontos grossos (PGROS)	9	48	1	MLP 9:9-48-1:1	BP100,LM344

Observa-se no Quadro 21, que existe uma rede com 7 saídas o modelo MLP 5:5-80-7:7 que obteve um bom resultado. Representa uma rede *MultiLayer Perceptron*, com 5 neurônios de entrada, 80 neurônios camada escondida e 7 neurônio de saída, que representam as saídas do Índice Uster (UM%), Coeficiente de variação de massa (CVM%), Pilosidade (PLHI), Variação de pilosidade (PLSH), Tenacidade (TENAC), Alongamento (ALONG) e a Massa linear (NE). O treinamento foi feito em duas etapas utilizando os métodos *Levenberg-Marquardt* (LM), com 1000 interações e *Conjugate Gradiente* (CG) com 500 interações.

5.1.1. Codificação do Algoritmo

O software SNN, disponibiliza a codificação em duas linguagens de programação diferentes, C++ e *Visual Basic Application* (VBA). Para cada rede foi determinado um algoritmo em linguagem VBA que foi transcrito para a linguagem de programação PHP.

A linguagem PHP, um acrônimo recursivo para PHP: *Hypertext Preprocessor*, é uma linguagem de *script open source* de uso geral. Esta linguagem é a mais utilizada no desenvolvimento de aplicativos de acesso por meio de páginas de internet.

Estes algoritmos possuem uma classe com função definida, que a partir de dados estruturados do tipo arranjo e laços de repetição, geram cada um dos modelos. Para exemplificar tem-se um resumo do modelo de qualidade comprimento (comp) do processo cardado:

```
<?php
Class compCardado{
private $comp07Thresholds=array(59);
private $comp07Weights=array(885);

public function __construct(){
$this->comp07SetThresholds();
$this->comp07SetWeights();
}

Private function comp07SetThresholds(){
...
}

Private function comp07SetWeights(){
...
}

Public function comp07Run( $inputs){
...
}

?>
```

Onde se tem a classe(class) principal chamada compCardado, cujo nome é composto pela junção do nome da característica COMP e do processo CARDADO. Cada classe possui módulos distintos

Temos as *private* que define as variáveis utilizadas nas funções assim como sua estrutura, tipo arranjo, e o construtor que ativa as funções.

A composição do nome das variáveis se fez pelo nome da característica em estudo, número da rede e o nome da função.

Basicamente temos 3 funções:

1. `Thresholds()`: que tem por características de evitar a propagação de valores nulos na camada de entrada dos neurônios chamada peso Bias;
2. `Weights()`: função dos pesos da conexões;
3. `Run()`: Recebe os valores de entrada e processa a saída, como resultado final.

Das três funções, apenas a `Run()` recebe parâmetros como entrada e retorna valores de resultado.

O Apêndice VI apresenta a codificação completa deste modelo exemplificado.

Foram construído 27 modelos e cada modelo obedeceu a esta estrutura algoritma acima descrita.

5.2. Análise de Sensibilidade

As taxas de análise de sensibilidade variam de acordo com a deterioração no desempenho de modelagem que ocorre se essa variável não estiver mais disponível para o modelo. Ao fazer isso, o sistema atribui um único valor de classificação a cada variável (SNN, 2001).

Essas taxas são calculadas de acordo com os dados utilizados nesta pesquisa, não servindo de regra geral.

Nas redes de maior complexidade foi estabelecido na configuração da rede no aplicativo *Software SNW*, conforme Figura 25 do tópico 4.4.1, que o aplicativo selecione um subconjunto de variáveis independentes, de forma que as variáveis menos influentes fossem excluídas na fase para a definição da rede.

A classificação faz-se por meio dos valores dos pesos calculados na rede em cada variável de acordo com a sua influência, trata-se de uma representação de “rank” de sensibilidade.

Para melhor visualização foram destacadas 3 características mais influentes de cada rede.

Percebe-se que, alguns dados não apareceram na classificação no “rank” por não fazerem parte dos dados de entrada, conforme demonstrado na secção 5.1 onde tem-se as estruturas das redes.

Utilizando por exemplo o modelo MLP 12:12-6-1:1 da rede de Umidade da fibra, como ela tem apenas 12 entradas, foram classificadas no Quadro 26, apenas as variáveis referente a essas entradas.

Na sequência, será apresentado o “rank” de sensibilidade com todas as variáveis dos processos cardado e penteado de cada rede nos processos para a determinação das características da fibra e na previsão das propriedades do fio.

5.2.1. **Previsão do Fio Cardado**

Conforme descrito no tópico 4.1, foram utilizadas os dados de produção do fio de algodão cardado com massa linear 26 e 30 Ne.

Para a previsão do fio cardado, foram criadas 8 RNAs, onde no Quadro 22 e no Quadro 23, apresenta-se o “*ranking*” de análise para a sensibilidade de cada uma das redes antes e após o treinamento respectivamente . A escala utilizada foi de 1 até 25, sendo o 1 a mais importante e a 25 a menor.

Comparando os dados existentes no tópico 5.1, no Quadro 20 onde são apresentadas as estruturas das redes neurais artificiais verifica-se que ocorreu uma variação nos dados de entrada. Embora fosse utilizada para a determinação das redes um total de 25 entradas, alguns modelos variaram de 8 a 25 entradas.

Quadro 22 - Análise de sensibilidade de previsão das propriedades do fio no processo cardado antes do treinamento.

	Comprimento (COMP) (mm)	Uniformidade (UNIF) (%)	Micronaire (MIC) (mg/poli)	Resistência (RESIST) (gf/tex)	Alongamento da fibra (ALONG_FIB) (%)	Número de partículas de impurezas superficiais (Tr cnt) (%)	Percentual de área ocuada pelas impurezas (Tr area) (%)	Gau de folhas (LF Grade) (%)	Maturidade (MR) (%)	Índice de Fibras curtas (SFI) (%)	Umidade (Moist) (%)	Velocidade Metros por minuto (MPM)	Escartamento trazeiro (ESC_TRZ)	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	Velocidade Metros por minuto (MPM)	Escartamento trazeiro (ESC_TRZ)	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	Escartamento frontal (EFRONTAL)	Escartamento intermediário (EINTERM)	Escartamento trazeiro (ETRAZEIRO)	Torção por minuto (T/P)	Rotação por minuto do fuso (RPMFS)	Rotação fuso (RPM_FS)	Percentual de estragem (EST%)	Percentual de torção (TORC%)
Índice Uster (UM%)	12	14	11	16	22	2	23	15	13	25	24	9	10	21	7	4	8	17	20	19	6	3	5	1	18
Tenacidade (TENAC)	7	9	11	14	3	2	13	12	20	22	10	8	25	16	24	23	1	18	19	15	5	21	6	4	17
Varição de pilosidade (PLSH)	5	4	3	21	6	10	20	8	18	9	19	24	23	13	17	1	25	11	14	15	22	2	7	16	12
Pilosidade (PLHI)	5	13	18	3	7	12	25	16	2	14	19	4	17	20	10	6	11	24	23	21	15	1	9	8	22
Massa linear (NE)	4	12		13					2	14	7	11	8		9	10	5					1	6	3	
Coefficiente de variação de massa (CVM%)	4	7	8	24	9	11	20	10	25	13	14	3	5	16	6	23	1	18	19	17	21	12	22	2	15
Alongamento (ALONG)	4	9	24	12	13	7	15	25	11	14	22	5	2	20	16	10	1	17	18	19	23	8	6	3	21

Seguidamente apresenta-se a qualificação individual das redes para a previsão do fio cardado.

De acordo com o Quadro 23, dentre as três variáveis mais influentes na previsão da massa linear do fio no processo cardado foram relacionadas aos ajustes do laminador, devido sua função principal de proporcionar a regularidade da massa linear, e continuo de anel, onde que para produzir um fio mais fino se deve aumentar a velocidade. Desta forma, quanto maior o valor da massa linear, mais fino é o fio produzido.

Para a previsão da tenacidade do fio cardado, as variáveis mais importantes são as regulagens do laminador, do contínuo de anel e do comprimento da fibra.

Toda vez que se altera o escartamento a qualidade do fio é influenciada diretamente. Quando a massa é regular (comprimento das fibras), tem-se um fio mais resistente e quando se tem uma massa irregular perde resistência e regularidade de massa do fio. Uma boa regularidade aumenta a tenacidade e quando baixa perde resistencia.

Quadro 23 - Análise de sensibilidade de previsão das propriedades do fio no processo cardado após o treinamento.

	Comprimento(COMP)(mm)	Uniformidade(UNIF)(%)	Micronaire(MIC) (mg/pol)	Resistência(RESIST) (gf/tex)	Alongamento da fibra(ALONG_FIB)(%)	Número de partículas de impurezas superficiais (Tr cnt) (%)	Percentual de área ocuada pelas impurezas (Tr area) (%)	Gau de folhas(Lf Grade) (%)	Maturidade (MR) (%)	Índice de Fibras curtas(SFI) (%)	Umidade (Moist) (%)	Velocidade Metros por minuto (MPM)	Escartamento trazeiro(ESC_TRZ)	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	Velocidade Metros por minuto(MPM)	Escartamento trazeiro (ESC_TRZ)	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	Escartamento frontal (EFRONTAL)	Escartamento intermediário (EINTERM)	Escartamento trazeiro (ETRAZEIRO)	Torção por minuto (T/P)	Rotação por minuto do fuso (RPMFS)	Rotação do fuso (RPM_FS)	Percentual de estiragem (EST%)	Percentual de torção (TORC%)
Índice Uster (UM%)	8	12	13	19	18	16	3	5	10	17	15	4	11	23	1	9	14	24	22	21	20	6	7	2	25
Tenacidade (TENAC)	3	4	10	8	9	5	19	20	11	12	18	21	6	13		1		23	24	25	14	17	16	2	7
Varição de pilosidade (PLSH)	9	16	10	18	14	20	7	8	6	13	12	19	4	24	2	3	11	23	22	21	15	1	17	5	25
Pilosidade (PLHI)	9	20	17	7	16	13	6	2	5	14	15	1	10	22	3	11	18	23	21	24	12	4	19	8	25
Massa linear (NE)	5	7	8	6					4								3						1	2	
Coefficiente de variação de massa (CVM%)	23	2	24	22	19	11	3	1	17	25	18	5	6	13	21	7	20	14	16	15	8	9	10	4	12
Alongamento (ALONG)	2	1	15	13	17	12	5	4	8	3	18	9	11	21	6	16	10	23	24	22	19	7	20	14	25

As características de uniformidade das fibras, comprimento e índice de fibras curtas são as variáveis mais influentes para a previsão do alongamento do fio cardado, pois quando maior o índice de fibras curtas, menor a qualidade do fio, de forma que quando se tem menor índice de fibras curtas, maior comprimento e maior uniformidade e conseqüentemente melhor qualidade do fio.

O alongamento do fio, conforme citado no tópico 2.1.5.1, é normalmente utilizadas como índices de qualidade, isto devido ao fato de a suas grandezas serem influenciadas por uma combinação de fatores dentre eles, as propriedades das fibras.

Já as características da fibra de comprimento, a velocidade do laminador e a estiragem percentual do continuo de anel, foram as mais importante para a previsão da tenacidade.

Quando menor a espessura do fio maior o UM%, no entanto quanto comparado o fio de mesma espessura, o fio que apresentar menor uster é de melhor qualidade.

O grau de folhas, a uniformidade e o percentual de área ocupada pelas impurezas, foram as características das fibras mais importante para a previsão do coeficiente de variação de massa, que de acordo com as descrições no tópico 2.1.5.3, onde segundo Neto(2009), o coeficiente de variação de massa, trata-se da variação de massa por unidade de comprimento e é causada principalmente por variações na matéria-prima.

A pilosidade é originada por pontas das fibras de diferentes comprimentos e formas, surgem na superfície do fio, não podendo, por razões do processo, permanecer no seu interior.

De acordo com o Quadro 23, as regulagens no laminador, torce e grau de folhas foram as variáveis mais influentes na previsão da pilosidade.

Toda vez que se altera a regulagem do laminador e torce, a qualidade do fio é diretamente influenciada. Se tratando de pilosidade (massa é irregular de diferentes comprimentos das fibras), perde resistência e regularidade de massa do fio.

Uma boa regulagem no laminador, tem-se uma menor pilosidade.

5.2.2. Previsão do Fio Penteado

Conforme descrito no tópico 4.1, foram utilizados dados de qualidade do fio penteado com massa linear 26, 30 e 40. Ne.

Para a previsão do fio penteado, foi criada apenas uma rede neural, estando descritos no Quadro 24 e Quadro 25, o “rank” de análise para a sensibilidade da rede antes e após o treinamento respectivamente

Quadro 24 - Análise de sensibilidade de previsão das propriedades do fio no processo penteado antes do treinamento.

	Resistência (RESIST) (gf/tex)	Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	Percentual de área ocuada pelas impurezas(Tr area) (%)	Rotação por minuto do fuso (RPMFS)	Rotaçãodo fuso (RPM_FS)
Índice Uster (UM%) Coeficiente de variação de massa (CVM%) Pilosidade (PLHI) Variação de pilosidade (PLSH) Tenacidade (TENAC) Alongamento (ALONG) Massa linear (NE)	5	4	3	2	1

Conforme apresentado no tópico 5.1, no Quadro 21, foi definida uma rede MLP com 5 entradas e 7 saídas.

Quadro 25 - Análise de sensibilidade de previsão das propriedades do fio no processo penteado após treinamento.

	Resistência (RESIST) (gf/tex)	Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	Percentual de área ocupada pelas impurezas (Tr area) (%)	Rotação por minuto do fuso (RPMFS)	Rotação do fuso (RPM_FS)
Índice Uster (UM%) Coeficiente de variação de massa (CVM%) Pilosidade (PLHI) Variação de pilosidade (PLSH) Tenacidade (TENAC) Alongamento (ALONG) Massa linear (NE)	2	4	3	5	1

No Quadro 25, apresentam-se as variáveis mais influentes para a previsão da qualidade do fio penteado, sendo eles a regulagem de rotação por minuto do fuso no contínuo de anel e os valores das características de resistência da fibra e percentual de área ocupada pelas impurezas.

O que difere do processo penteado para o processo do cardado é basicamente a operação de penteação, que tem por finalidade diminuir a variação das fibras tornando-as regulares, com isto, as fibras são mais unidas, com uma maior tenacidade o que contribui para a resistência do fio.

As operações de torção e características da fibra como resistência e percentual de área ocupada pelas impurezas, estão fortemente relacionadas à massa linear, pois a regulagem da espessura do fio se faz por essas operações e no caso do fio penteado, a resistência está fortemente relacionada, pois se tratando de um fio produzido com fibra com maior regularidade de comprimento de fibra devido à penteação, ou seja, com menos impurezas e fibras mais uniformes, a torna mais resistente.

5.2.3. Determinação da Fibra para o Processo Cardado

Conforme descrito no tópico 4.1, são utilizadas as mesmas fibras na produção do fio cardado as que foram utilizadas na produção do fio penteado.

De acordo com a estrutura da rede apresentada no tópico 4.4.1, tem-se uma variação da quantidade de variáveis como dados de entrada. Desta forma, obteve RNAs de 12 a 24 entradas.

No Quadro 26 e Quadro 27, apresentam-se as análises de sensibilidade antes e após o treinamento, respectivamente.

Percebe-se que antes do treinamento os dados de ajustes no processo eram os dados mais sensíveis do que os dados das propriedades do fio das redes para a determinação da fibra.

Após o treinamento de cada uma das redes para a determinação das características da fibra, o “rank” de sensibilidade sofreu alteração, de forma que os dados das propriedades do fio passaram a serem os mais influentes do que os ajustes no processo de produção

Quadro 26 - Análise de sensibilidade para a determinação das características da fibra no processo cardado antes do treinamento.

	Metros por minuto (MPM)	Escartamento trazeiro(ESC_TRZ)	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	Metros por minuto(MPM)	Escartamento trazeiro (ESC_TRZ)	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	Escartamento frontal (EFRONTAL)	Escartamento intermediário (EINTERM)	Escartamento trazeiro (ETRAZEIRO)	Torção por minuto (T/P)	Rotação por minuto do fuso (RPMFS)	Rotação fuso (RPM_FS)	Percentual de estiragem (EST%)	Percentual de torção (TORC%)	Índice Uster (UM%)	Coefficiente de variação de massa (CVM%)	Pontos finos (PFINO)	Pontos grossos (PGROS)	Neps (NEPS)	Pilosidade (PLHI)	Varição de pilosidade (PLSH)	Tenacidade (TENAC)	Alongamento (ALONG)	Massa linear (NE)
Uniformidade (UNIF)(%)	2		17	8	7	10	19	20	21	13	1	5	4	18	9	6	11	12	16	22	23	15	14	3
Índice de fibras curtas (SFI)	8	11	17	12	24	23	19	18	16	7	2	1	5	20	6	14	3	13	9	15	10	22	21	4
Resistência (RESIST) (gf/tex)	16	6	18	24	2	9	20	19	21	8	12	1	5	17	4	23	7	11	22	15	14	10	13	3
Maturidade(MR) (%)	11	14	20	3	1	24	19	22	23	13	17	2	5	21	6	9	7	16	10	15	12	18	4	8
Umidade (Moist) (%)	10	2		3	5					4	8	12	9			7	11	6			13	1		
Micronaire (MIC) (mg/pol2)	9	24	18	10	14	23	19	20	17	5	8	15	1	21	7	4	2	12	22	16	11	6	13	3
Comprimento (COMP)(mm)	10	3	17	11	12	8	19	20	18	22	1	4	5	16	23	14	13	21	15	24	7	2	9	6
Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	14	1	18	2	8	6	20	19	17	9	11	24	13	21	15	10	12	16	5	7	22	3	23	4

De acordo com o rank apresentado no Quadro 27, percebe-se que o índice uster(UM%), se tratando de um referencial de qualidade uniformidade do fio, foi considerado influente para a determinação das características da fibra em uniformidade, índice de fibras curtas, resistência e comprimento, pois conforme já mencionado, o índice uster, quanto menor a espessura do fio maior o UM%, no entanto quanto comparado o fio de mesma espessura, o fio que apresentar menor uster é de melhor qualidade.

Quando menor o coeficiente de variação de massa (CVM%), mais resistente é o fio. Este parâmetro é importante para a determinação da uniformidade da fibra, pois quanto menor o CVM% , maior deverá ser a uniformidade da fibra, assim como a resistência e o alongamento, o que torna as fibras mais coesas.

Quadro 27 - Análise de sensibilidade determinação da fibra no processo cardado após o treinamento.

	Velocidade Metros por minuto (MPM)	Escartamento trazeiro(ESC_TRZ)	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	Velocidade Metros por minuto(MPM)	Escartamento trazeiro (ESC_TRZ)	Escartamento dianteiro (ESC_DIA)	Escartamento frontal (EFRONTAL)	Escartamento intermediário (EINTERM)	Escartamento trazeiro (ETRAZEIRO)	Torção por minuto (T/P)	Rotação por minuto do fuso (RPMFS)	Rotação fuso (RPM_FS)	Percentual de estragem (EST%)	Percentual de torção (TORC%)	Índice Uster (UM%)	Coefficiente de variação de massa (CVM%)	Pontos finos (PFINO)	Pontos grossos (PGROS)	Neps (NEPS)	Pilosidade (PLH)	Varição de pilosidade (PLSH)	Tenacidade (TENAC)	Alongamento (ALONG)	Massa linear (NE)
Uniformidade (UNIF)(%)	10		19	17	16	15	20	22	21	13	3	12	9	23	2	1	14	8	5	7	6	18	11	4
Índice de fibras curtas (SFI)		10		15	4	14				11	5	6	8		1	17	13	2	7	9		16	12	3
Resistência (RESIST) (gf/tex)	9	15	24	19	14	12	20	22	23	6	2	7	11	21	1	3	16	8	4	10	17	18	13	5
Maturidade (MR) (%)	18	7	23	5	1	8	20	21	22	6	10	14	4	24	17	12	15	16	3	9	2	19	11	13
Umidade (Moist) (%)	5	7			2						11	1	3					10		6	4	12	9	8
Micronaire (MIC) (mg/pol2)	9	24	18	10	14	23	19	20	17	5	8	15	1	21	7	4	2	12	22	16	11	6	13	3
Comprimento (COMP)(mm)	9	11	22	10	15	19	20	21	23	14	1	6	8	24	3	12	17	2	5	13	16	7	18	4
Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	13	16	23	4	10	14	20	22	21	19	6	12	3	24	7	1	18	5	8	15	9	17	11	2

De acordo com as descrições no tópico 2.1.5.3, onde segundo Neto(2009), o coeficiente de variação de massa, é causada principalmente por variações na matéria-prima. Percebe-se esta relação no Quadro 27, pois quanto menor a variação de massa do fio desejado, maior é a qualidade do fio, para isto deve-se obter fibras com maior uniformidade, menor índice de fibras curtas, fibras mais resistentes e mais alongadas o que coopera para fios com maior alongamento.

Relativamente aos valores de regulagens do laminador, neps e variação de pilosidade, de acordo com o Quadro 27, foram as variáveis mais importantes para a determinação da característica de maturidade da fibra, fibras maduras. No tópico 2.1.5.6, tinha já sido mencionado o comprimento de fibra e a sua relação com os neps, devendo também ser referido que a maturidade percentual é uma importante propriedade física da fibra, já que existe relação direta entre a maturidade e o potencial gerador de “neps”.

5.2.4. Determinação das características da Fibra para o Processo Penteadado

No Quadro 28 e no Quadro 29, tem-se a distribuição do “rank” de sensibilidade dos ajustes de máquinas e propriedades do fio das redes para a determinação das características das fibras.

As propriedades do fio desejado, apresentaram os valores de maior sensibilidade, que se mantiveram antes e após o treinamento.

Através da análise dos dados obtidos para a sensibilidade apresentado no Quadro 29, o Coeficiente de variação de massa (CVM%) e o Índice Uster (UM%) foram as propriedades de fio mais importantes para a determinação das características da fibra seguido dos ajustes de Rotação do fuso (RPM_FS) e Percentual de estiragem (EST%) .

Quadro 28 - Análise de sensibilidade determinação das características da fibra no processo penteadado antes do treinamento.

	Torção por minuto (T/P)	Rotação por minuto do fuso (RPMFS)	Rotação do fuso (RPM_FS)	Percentual de estiragem (EST%)	Índice Uster (UM%)	Coeficiente de variação de massa (CVM%)	Pontos finos (PFINO)	Pontos grossos (PGROS)	Neps (NEPS)	Pilosidade (PLHI)	Variação de pilosidade (PLSH)	Tenacidade (TENAC)	Alongamento (ALONG)	Massa linear (NE)
Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	3		8	5	4		6	9	10			1	2	7
Comprimento (COMP)(mm)	4	7	10	3	9	5		1	2				6	8
Micronaire (MIC) (mg/pol2)	2	3		4	10	5			1	9	8	6	7	
Maturidade(MR) (%)	6	10		5	1				2	3	4	7	8	9
Resistência (RESIST) (gf/tex)	3		6	12	2	8	11	7		9	10	4	5	1
Índice de fibras curtas (SFI)	8	11		6	9	7		3	12	10	2	1	5	4
Uniformidade (UNIF)(%)	3	6		4		7	9	10		8	2	1	5	
Umidade (Moist) (%)				1									3	2

A produção do fio penteadado, requer a utilização de fitas mais regulares a fim de que as fibras fiquem mais unidas, proporcionando fio com menos imperfeições e toque macio.

Para as operações do contínuo de anel de alta velocidade requer que as fibras sejam mais resistentes para que não ocorra a ruptura o que afeta negativamente em sua resistência e o seu alongamento.

Assim como na determinação das fibras para o processo do fio cardado, para o processo penteado também se destacaram as qualidades do fio quanto ao índice uster(UM%) e o coeficiente de variação de massa (CVM%), mais influentes para a determinação de alongamento da fibra, comprimento, micronaire, resistência índice de fibras curtas e uniformidade.

Quadro 29 - Análise de sensibilidade determinação das características da fibra no processo penteado após treinamento.

	Torção por minuto (T/P)	Rotação por minuto do fuso (RPMIFS)	Rotação do fuso (RPM_FS)	Percentual de estragem (EST%)	Índice Uster (UM%)	Coefficiente de variação de massa (CVM%)	Pontos finos (PFINO)	Pontos grossos (PGROS)	Neps (NEPS)	Pilosidade (PLHI)	Varição de pilosidade (PLSH)	Tenacidade (TENAC)	Alongamento (ALONG)	Massa linear (NE)
Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	2		1	6	3		7	5	8			9	10	4
Comprimento (COMP)(mm)	9	10	1	7	2	3		4	6				8	5
Micronaire (MIC) (mg/pol2)	8	10		9	1	2			4	6	3	7	5	
Maturidade(MR) (%)	10	9		4	6				5	2	1	3	7	8
Resistência (RESIST) (gf/tex)	11		3	8	2	1	12	6		5	4	10	7	9
Índice de fibras curtas (SFI)	11	12		3	5	1		2	10	7	6	8	9	4
Uniformidade (UNIF)(%)	10	9		5		2	7	4		3	1	6	8	
Umidade (Moist) (%)				1									3	2

5.3. Análise das Correlações das RNAs Durante o Treinamento

A medida da correlação, denominada coeficiente de correlação varia no intervalo de -1 a 1. Sendo que -1 indica correlação negativa perfeita, 0 ausência de correlação e 1 correlação positiva perfeita. O coeficiente quanto mais próximo de 1 ou -1 indica que a variável exerce mais influência na determinação da saída da rede.

De acordo com o Quadro 30, os resultados dos valores de correlação(r) após o treinamento das RNAs para a previsão das propriedades do fio, alcançaram bons resultados. Dentre os melhores resultados, a MR (maturidade) e SFI (índice de fibras curtas) obtiveram uma correlação igual a 1, o que representa um acerto de 100% dos pontos de treinamento pelas respectivas redes construídas.

Quadro 30 - Correlação das propriedades do fio cardado antes e após o treinamento.

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA FIBRA										
			Maturidade (MR) (%)	Resistência (RESIST) (gf/tex)	Índice de fibras curtas (SFI)	Uniformidade (UNIF)(%)	Umidade (Moist) (%)	Micronaire (MIC) (µg/pol2)	Comprimento COMP (mm)	Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)
COEF. CORRELAÇÃO(r)	TREINO	ANTES	0,6310	0,7045	0,6555	0,4238	0,4109	0,5094	0,5613	0,5269
		APÓS	1,0000	0,9927	1,000	0,9750	0,9894	0,8484	0,9806	0,9611
PREVISÃO DAS PROPRIEDADE DO FIO										
			Tenacidade (TENAC)	Varição de pilosidade (PLSH)	Pilosidade (PLHI)	Massa linear (NE)	Coeficiente de variação de massa (CVM%)	Alongamento (ALONG)	Índice Uster (UM%)	
COEF. CORRELAÇÃO(r)	TREINO	ANTES	0,6516	0,4851	0,6350	0,7935	0,6935	0,4951	0,6361	
		APÓS	0,9121	0,8884	0,8448	0,8056	0,8649	0,9142	0,8806	

Os valores de correlação(r) apresentados no Quadro 31 após o treinamento das RNAs para a determinação das características da fibra, também alcançaram bons resultados com várias redes com a correlação próxima de 1.

Quadro 31 - Correlação das características na linha de produção do fio penteado antes e após o treinamento.

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA FIBRA											
			Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	Uniformidade (UNIF)(%)	Índice de fibras curtas (SFI)	Resistência (RESIST) (gf/tex)	Maturidade (MR) (%)	Micronaire (MIC) (µg/pol2)	Comprimento (COMP) (mm)	Umidade (Moist) (%)	
COEF. CORRELAÇÃO(r)	TREINO	ANTES	0,4342	0,5177	0,5592	0,7463	0,6676	0,5726	0,9295	0,2432	
		APÓS	0,9966	0,9999	0,9940	0,9998	0,9996	0,9998	0,9828	0,8583	
PREVISÃO DAS PROPRIEDADES DO FIO											
			Índice Uster (UM%)	Coefficiente de variação de massa (CVN%)	Pilosidade (PLHI)	Variação de pilosidade (PLSH)	Tenacidade (TENAC)	Alongamento (ALONG)	Massa linear (NE)	Pontos Grossos (PGROS)	Neps (NEPS)
COEF. CORRELAÇÃO(r)	TREINO	ANTES	0,9584	0,9525	0,6525	0,5945	0,7042	0,7226	0,9851	0,9825	0,9427
		APÓS	0,9723	0,9730	0,8463	0,8222	0,8735	0,8877	0,9973	0,9994	0,9963

Na Figura 28 e 29, tem-se a representação visual de *performance* da rede neural na determinação da característica da fibra de Maturidade (MR) no processo cardado, onde os coeficientes de correlação foram determinados entre os valores observados (selecionados) e os valores previstos (previstos pela rede).

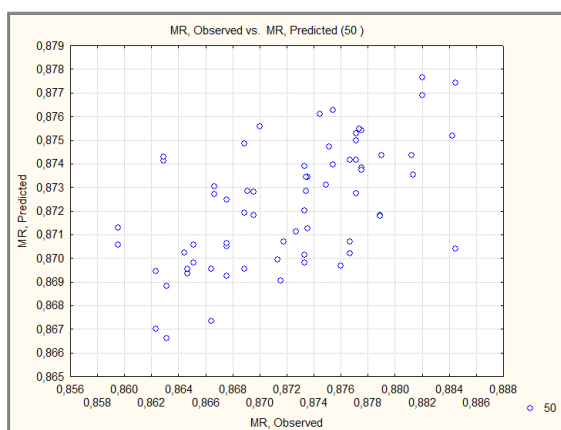


Figura 28 - Performance da RNA antes do treinamento para determinar a MR no processo cardado.

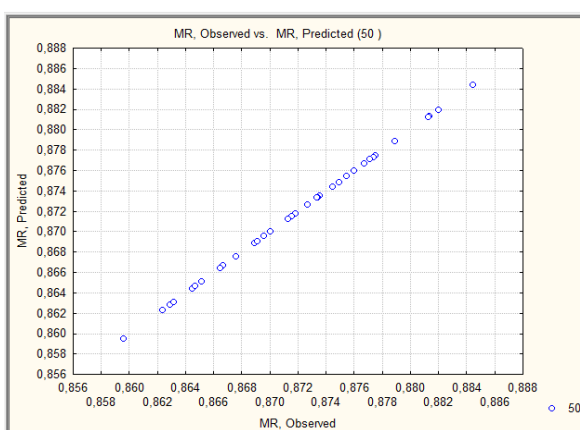


Figura 29 - Performance da RNA após o treinamento para determinar a MR no processo cardado.

Na Figura 30 e na Figura 31, tem-se a representação visual de *performance* da rede neural na determinação da característica da fibra de Maturidade(MR) no processo penteado.

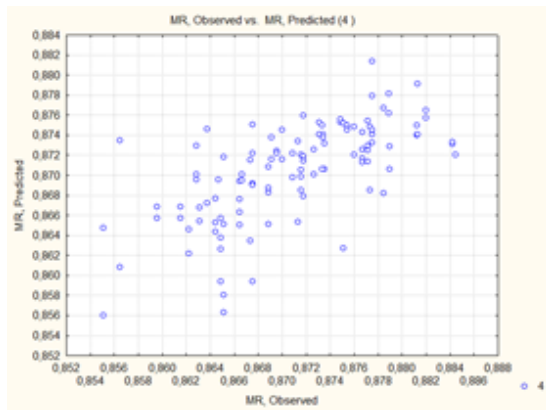


Figura 30 - Performance da RNA antes do treinamento para determinar a MR no processo penteado.

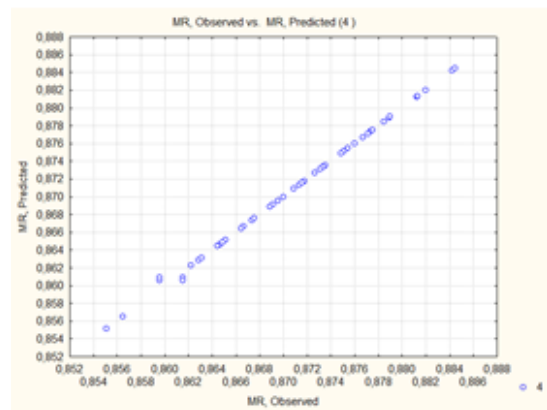


Figura 31 - Performance da RNA após o treinamento para determinar a MR no processo penteado.

Foram representadas todos os desempenhos das redes neurais artificiais sendo que os demais resultados para determinação das características da fibra do processo cardado encontram-se no Apêndice I, as figuras das propriedades do fio cardado no Apêndice II, as figuras para determinação das características da fibra do processo penteado no Apêndice III e as figuras das propriedades do fio penteado no Apêndice IV .

5.4. Análise de Confiabilidade das Redes

Após os teste das redes, passamos para a etapa de análise de confiabilidade da rede, onde foi utilizada a metodologia de apuração do grau de confiança dos resultados obtidos nos testes de cada uma das redes, conforme a secção 4.4.4.

Nesta etapa, foram utilizados como variáveis a quantidade de amostras para conhecermos o valor tabela do *t-student* e aplicado a Equação 10 do semi-intervalo de confiança para determinar o intervalo de confiança de cada rede. O número de amostra utilizadas nesta etapa de análise de confiabilidade não foram constantes para todas as redes.

Quadro 32 – Análise de Confiabilidade das Redes da Linha de Produção Cardado.

RNAs		Modelo	Número de amostras	Valor médio do erro(%)	Intervalo de Confiança do erro (%)	
					Min	Max
DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA FIBRA	Maturidade(MR) (%)	MLP 24:24-60-1:1	10	0,79	0,33	1,24
	Resistência (RESIST) (gf/tex)	MLP 24:24-39-1:1	10	2,47	1,04	3,90
	Índice de fibras curtas (SFI)	MLP 17:17-13-1:1	10	3,09	1,30	4,88
	Uniformidade (UNIF)(%)	MLP 23:23-58-1:1	10	0,64	0,27	1,01
	Umidade (Moist) (%)	MLP 12:12-6-1:1	7	2,20	0,58	3,81
	Micronaire (MIC) (µg/pol2)	MLP 24:24-50-1:1	10	1,61	0,68	2,54
	Comprimento (COMP)(mm)	MLP 24:24-34-1:1	10	0,42	0,18	0,67
	Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	MLP 24:24-32-1:1	10	1,15	0,48	1,81
PREVISÃO DAS PROPRIEDADES DO FIO	Alongamento (ALONG)	MLP 25:25-61-1:1	8	4,56	1,56	7,55
	Coefficiente de variação de massa (CVM%)	MLP 25:25-30-1:1	10	4,67	3,64	5,71
	Massa linear (NE)	MLP 8:8-7-1:1	10	2,25	0,95	3,55
	Índice Uster (UM%)	MLP 25:25-26-1:1	10	2,46	1,03	3,89
	Pilosidade (PLHI)	MLP 25:25-28-1:1	10	4,62	1,94	7,30
	Variação de pilosidade (PLSH)	MLP 25:25-54-1:1	9	2,16	0,82	3,50
	Tenacidade (TENAC)	MLP 25:25-131-1:1	10	2,12	0,89	3,35
	Pontos grossos (PGROS)	MLP 14:14-51-1:1	6	9,46	1,64	17,27

No Quadro 33, apresentamos os dados utilizados para a validação das redes de previsão da propriedade do fio e as redes para a determinação da característica da fibra da linha de produção penteado.

Ao total, 27 redes foram analisadas. Destas redes, três não passaram na etapa de confiabilidade, pontos grossos para a linha de produção cardada, neps e pontos grossos para a linha de produção penteada, devido o fato de que essas redes tiveram elevados erros médios (acima de 15%) na previsão das propriedades

Quadro 33 - Análise de Confiabilidade das Redes da Linha de Produção Penteadado.

	RNAs	Modelo	Número de Amostras	Valor médio do erro	Intervalo de Confiança do Erro (%)	
					Min	Max
DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA FIBRA	Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	MLP 10:10-9-1:1	17	0,01	0,42	1,04
	Uniformidade (UNIF)(%)	MLP 10:10-53-1:1	17	0,00	0,20	0,50
	Índice de fibras curtas (SFI)	MLP 12:12-8-1:1	17	0,03	1,52	3,76
	Resistência (RESIST) (gf/tex)	MLP 12:12-31-1:1	17	0,02	0,89	2,21
	Maturidade(MR) (%)	MLP 10:10-51-1:1	17	0,01	0,42	1,04
	Micronaire (MIC) (µg/pol2)	MLP 10:10-55-1:1	17	0,03	1,91	4,70
	Comprimento (COMP)(mm)	MLP 10:10-41-1:1	17	0,01	0,37	0,91
	Umidade (Moist) (%)	MLP 3:3-49-1:1	10	0,03	1,20	4,51
PREVISÃO DAS PROPRIEDADES DO FIO	Índice Uster (UM%)	MLP 5:5-80-7:7	12	0,01	0,65	2,06
	Coefficiente de variação de massa (CVM%)		12	0,02	0,76	2,39
	Massa linear (NE)		12	0,00	0,20	0,62
	Pilosidade (PLHI)		12	0,01	0,53	1,68
	Variação de pilosidade (PLSH)		12	0,01	0,44	1,38
	Tenacidade (TENAC)		12	0,02	0,72	2,28
	Alongamento (ALONG)		12	0,01	0,66	2,07
	Neps (NEPS)	MLP 11:11-43-1:1	6	0,77	13,70	140,79
	Pontos Grossos (PGROS)	MLP 9:9-48-1:1	7	2,03	54,01	352,79

5.5. Modelo de qualidade

O *software* SNN® é um programa integrado para gerenciar Análise Estatística e Bases de Dados, caracterizando uma ampla seleção do processo analítico, do básico ao avançado, para as mais diversas áreas - Ciências Biomédicas, Biológicas, Engenharias, Ciências Sociais, Agrárias - permitindo a realização de Data Mining (Mineração de Dados).

Após a averiguação de confiabilidade das redes, foi então gerado o algoritmo do modelo de qualidade de cada uma das redes e através do formulário do *Software Statistic*, conforme a Figura 32.

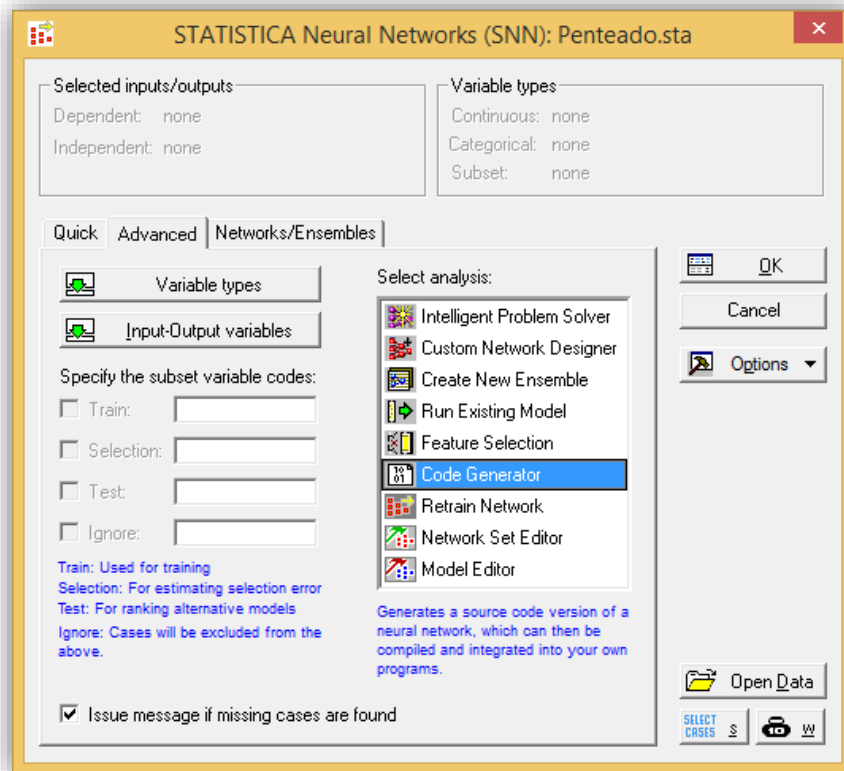


Figura 32 - Formulário do SNN.

O aplicativo possibilita gerar código em duas diferentes linguagens de programação a linguagem C++ e Visual *Basic* (VB).

O código das redes utilizam dados estruturados do tipo arranjo (*arrays*) relacionados diretamente com o número de camadas escondidas de cada rede assim como seus pesos.

Dentre os 27 modelos gerados iremos exemplificar o modelo para determinar a característica de comprimento no processo cardado no código a seguir disponível no Apêndice da página 119.

Uma linguagem de programação serve de “ponte” entre os seres humanos e máquina. Através da linguagem de programação o programador informa quais os dados e que tipo de dados serão necessários para a execução de rotinas, instruções e procedimentos compreensíveis ao computador para dar suporte ao usuário na solução de problemas.

6. Protótipo ANNINCS

Para o desenvolvimento do protótipo ANNINCS - *Artificial Neutral Networks In Control Spining*, o código gerado foi implementado na linguagem PHP, um acrônimo recursivo para PHP: *Hypertext Preprocessor*, é uma linguagem de *script open source* de uso geral. Esta linguagem é a mais utilizada no desenvolvimento de aplicativos de acesso por meio de páginas de internet. O protótipo passa a ter um acesso público e por estar na rede de internet, pode ser acessado por qualquer equipamento que tenha acesso ao aplicativo de navegação com a rede de internet.

O protótipo está hospedado no endereço que foi disponibilizado pelo Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, no site <http://www.dep.uem.br/annincs>.

Todos os algoritmos dos modelos de cada uma das redes encontram-se inseridas no sistema em uma linguagem computacional adequada e são acessadas de acordo como cada rotina é estabelecida pelo usuário.

Em cada tela os dados são validados dentro dos limites apurados na seção 4.3. e como ajuda, cada tela possui um botão de “Sugestão para teste”. Ao clicar o botão, aparecerá em cada campo de edição, os valores correspondentes de cada variável como uma Sugestão.

6.1. Definição das Telas de Interface com o Usuário

Para definir as telas do protótipo foram esquematizados todas as opções de processos e passos para as possíveis soluções por meio de um fluxograma apresentado na Figura 33.

Primeiramente, define-se a linha de produção, tipo do processamento e os valores dos ajustes nas máquinas. A partir destas informações os valores são então validados de acordo com os valores mínimos e máximos de cada variável. Se os valores forem válidos, o usuário poderá dar sequência ao processo, caso contrário uma mensagem indicará os valores inválidos.

Se a linha de produção for definida “Cardado” e se o tipo de processamento for “Previsão do Fio”, na tela específica, o usuário informará as características da fibra e os valores são validados e se estiverem dentro do intervalo de validação, como resultado final, aparecerá os valores de previsão do fio ou se algum valor estiver fora do intervalo, uma mensagem indicará os valores inválidos.

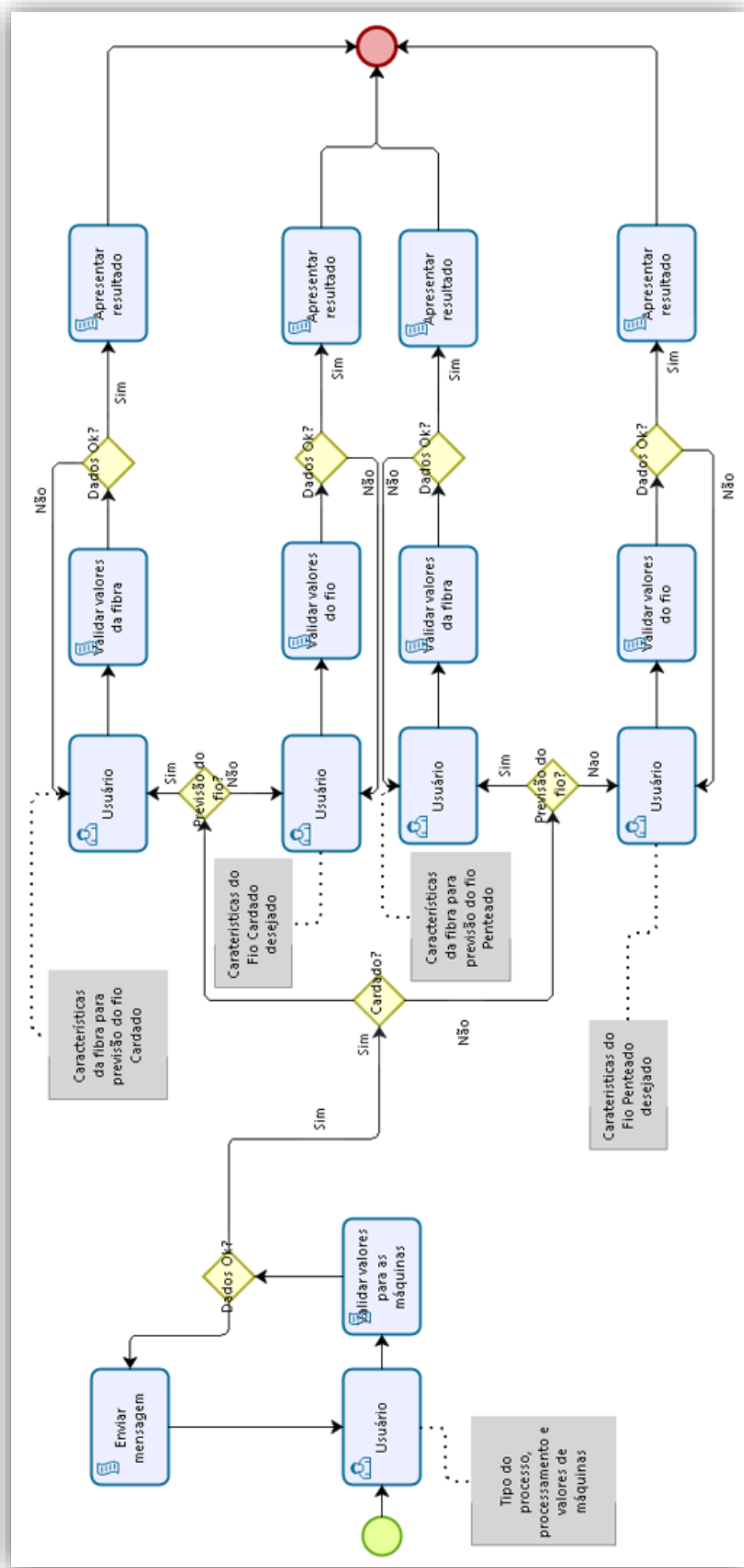


Figura 33 - Fluxograma dos processos do ANNICS.

Quando o tipo de processamento for “Determinação da Fibra”, na tela específica, o usuário informará as propriedades do fio e os valores são validados e se estiver dentro do intervalo de validação, como resultado final, aparecerá os valores das características da fibra.

Da mesma forma ocorre na linha de produção “Penteado”, deste modo, foi necessário a criação de cinco telas para o protótipo, a tela inicial, 2 telas para a linha de produção cardada e 2 para a produção penteada. Portanto a execução ocorrerá em duas etapas distintas. Na sequência, a descrição dos módulos de cada etapa de execução.

6.2. Definição dos Módulos

O ANNICS possui módulos de design das telas e outros específicos como os módulos dos algoritmos das redes (24 módulos), os módulos para as validações dos valores e os módulos para o controle das telas.

6.2.1. Módulos para validação dos Dados de Entrada

O protótipo possui ao todo 6 módulos que são acessados quando o usuário aciona os botões de “Próximo” e “Processar”.

Na primeira etapa de execução, o botão “Próximo” aciona o módulo de validação dos valores das regulagens das máquinas de acordo com a “Linha de Produção” selecionada, sendo um módulo das regulagens da linha cardada e outro da penteada.

Na segunda etapa de execução, a validação ocorre por meio do botão “Processar” e de acordo com o “Linha de Produção” e o “Tipo do Processamento” aciona o módulo de validação dos dados.

6.3. Opções de Processamento e Regulagens de Máquinas

Na tela principal ou tela de iniciação do protótipo denominada “Opções de Processamento e Regulagens de Máquinas”, possui campos para seleção e campos para digitar valores.

Dentre os seletores principais para a execução de qualquer processamento existe a seleção da linha de produção e do tipo de processamento.

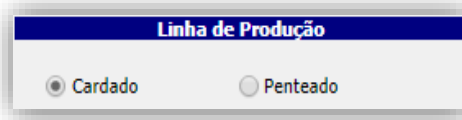


Figura 34 - Seletores das Linhas de Produção.

Na Figura 34, tem-se os seletores das opções da linha de produção (cardado ou penteado). Cada opção possui o seu módulo específico tanto para acessar aos valores de validação como para acessar a segunda etapa.

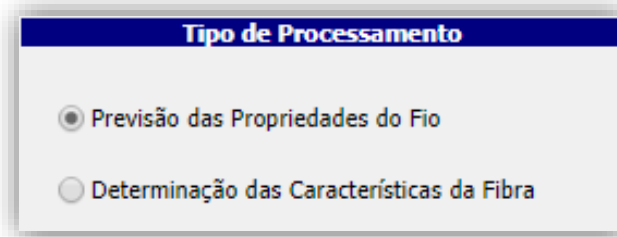


Figura 35 - Seletores de seleção do Tipo de Processamento.

A Linha de Produção Cardada assim como a Penteada, possui dois módulos distintos. Um dos módulos é para a Previsão das Propriedades do Fio e o outro para a Determinação das Características da Fibra. Estes módulos são acessados de acordo com os seletores do tipo de processamento conforme a Figura 35.

Para conclusão das informações de entrada desta primeira etapa do processo, temos os campos destinados aos valores das regulagens das máquinas, sendo elas, a torce, continuo de anel, Laminador1 e Laminador 2.

Torce	
Escartamento Trazeiro:	<input type="text"/>
Escartamento Intermediário:	<input type="text"/>
Escartamento Frontal:	<input type="text"/>
Rotação do fuso:	<input type="text"/>
Tensão por pol.(T/P):	<input type="text"/>

Figura 36 - Editor da Torce.

Contínuo do Anel	
Estiragem(%):	<input type="text"/>
RPM do Fuso:	<input type="text"/>
Torção por pol.:	<input type="text"/>

Figura 37 - Editor do Contínuo de anel.

Laminador 1	Laminador 2
Velocidade(MPM): <input type="text"/>	Velocidade(MPM): <input type="text"/>
Escartamento Trazeiro: <input type="text"/>	Escartamento Trazeiro: <input type="text"/>
Escartamento Dianteiro: <input type="text"/>	Escartamento Dianteiro: <input type="text"/>

Figura 38 - Editores dos Laminadores.

Nas Figuras **Figura 36**, **Figura 37** e na **Figura 38**, tem-se o modelo dos campos de entrada desses valores.

Na tela inicial existem dois botões, que acessa a próxima tela, e um outro que sugere valores de teste para as regulagens de acordo com a linha de produção e o tipo de processamento selecionados pelo usuário.

Mensagem

Figura 39 - Campo para mensagem de resultado de validação.

Após a seleção das opções e informado os dados dos ajustes nas máquinas, os valores são validados de acordo com os valores mínimos e máximos de cada variável. Para a validação, o sistema acessa internamente um módulo, onde verifica esses valores, caso tenha alguma divergência, uma mensagem de erro será apresentada no campo destinado para mensagens de validação, caso algum valor esteja fora do intervalo, aparecerão em destaque, ao contrário um novo formulário aparecerá para concluir a execução.

6.4. Previsão das Propriedades do Fio ou Determinação das Características da Fibra

Para a segunda etapa, o protótipo dois caminhos para o processamento um para a linha de produção cardada e outro para alinha de produção penteada, uma tela para a “Previsão das Propriedades do Fio” e outra para “Determinação das Características da Fibra”.

Características da Fibra	
Micronaire($\mu\text{g}/\text{pol}^2$):	<input type="text"/>
Comprimento(mm):	<input type="text"/>
Uniformidade(%):	<input type="text"/>
Resistência a roptura(gf/tex):	<input type="text"/>
Alongamento(%):	<input type="text"/>
TRCnt-Número de partículas de impurezas(%):	<input type="text"/>
TRArea-Percentual de área ocupada pelas impurezas(%):	<input type="text"/>
LFgrade-Grau de folhas(%):	<input type="text"/>
MR-Maturidade(%):	<input type="text"/>
Índice de fibras curtas(%):	<input type="text"/>
Umidade(%):	<input type="text"/>

Figura 40 - Editores das características das fibras.

Caso o usuário tenha selecionado na primeira etapa o processamento para a “Previsão das Características do Fio” o mesmo poderá digitar as características da fibra nos campos apresentados na Figura 40 ou clicar no botão “Sugestão de teste” .

Para finalizar o processo, deverá clicar no botão “Processar” para validar o dados e obter as previsões das propriedades do fio.

The image shows a software interface window titled "Propriedades do Fio" (Fiber Properties). It contains ten rows, each with a label and an empty rectangular input field. The labels are: NE-Massa Linear, UM-Índice Uster, CVM-Coeficiente de Variação de Massa, Pontos Finos, Pontos Grosos, Neps, Pilosidade, Plhush, Tenacidade, and Alongamento.

Propriedade	Valor
NE-Massa Linear:	<input type="text"/>
UM-Índice Uster:	<input type="text"/>
CVM-Coeficiente de Variação de Massa:	<input type="text"/>
Pontos Finos:	<input type="text"/>
Pontos Grosos:	<input type="text"/>
Neps:	<input type="text"/>
Pilosidade:	<input type="text"/>
Plhush:	<input type="text"/>
Tenacidade:	<input type="text"/>
Alongamento:	<input type="text"/>

Figura 41 - Editores para as características do fio.

No processamento para a “Determinação das Características da Fibra” o usuário poderá digitar as propriedades do fio nos campos apresentados na Figura 41, ou clicar no botão “Sugestão de teste”.

Para finalizar o processo, deverá clicar no botão “Processar” para validar o dados e obter as características da fibra.

Nesta etapa em qualquer situação, tanto para o processamento da linha cardada como para a linha penteada, é possível reiniciar a execução do protótipo clicando no botão “Reiniciar”.

6.5. Exemplo de Aplicação

Como exemplo de aplicação do protótipo ANNINCS, apresentaremos a seguir uma sequência de passos para o processamento “Previsão das Propriedades do Fio Cardado”.

The screenshot displays the 'OPÇÕES DE PROCESSAMENTO E REGULAGENS DE MÁQUINAS' (Processing Options and Machine Adjustments) window. It is divided into several sections:

- Linha de Produção**: Radio buttons for 'Cardado' (selected) and 'Penteado'.
- Tipo de Processamento**: Radio buttons for 'Previsão das Propriedades do Fio' (selected) and 'Determinação das Características da Fibra'.
- Torce**: Input fields for 'Escartamento Trazeiro' (50), 'Escartamento Intermediário' (50), 'Escartamento Frontal' (40), 'Rotação do fuso' (1200), and 'Tensão por pol.(T/P)' (1).
- Laminador 1**: Input fields for 'Velocidade(MPM)' (400), 'Escartamento Trazeiro' (50), and 'Escartamento Dianteiro' (45).
- Laminador 2**: Input fields for 'Velocidade(MPM)' (700), 'Escartamento Trazeiro' (7), and 'Escartamento Dianteiro' (4).
- Continuo do Anel**: Input fields for 'Estiragem(%)' (100), 'RPM do Fuso' (15000), and 'Torção por pol.' (100).

At the bottom, there is a 'Mensagem' text area and three buttons: 'Ajuda', 'Sugestão para Teste', and 'Próximo->'.

Passo 1 - O usuário deverá selecionar a linha de produção cardada;

Passo 2 - Para o tipo de processamento, selecionar previsão do fio;

Passo 3 - Digitar os ajustes do Torce, dos Laminadores, continuo de anel e clicar no botão “Próximo->” ;

Passo 4 – Caso todos os valores dos ajustes estejam dentro do intervalo a tela da segunda etapa do processamento será exibida:

PREVISÃO DAS PROPRIEDADES DO FIO CARDADO			
Características da Fibra	Propriedades do Fio		
Micronaire($\mu\text{g}/\text{pol}^2$):	3.5	NE-Massa Linear:	
Comprimento(mm):	30	UM-Índice Uster:	
Uniformidade(%):	80	CVM-Coeficiente de Variação de Massa:	
Resistência a roptura(gf/tex):	30	Pilosidade:	
Alongamento(%):	6	Plhush:	
TRCnt-Número de partículas de impurezas(%):	10	Tenacidade:	
TRArea-Percentual de área ocupada pelas impurezas(%):	0.2	Alongamento:	
LFgrade-Grau de folhas(%):	2		
MR-Maturidade(%):	0.9		
Índice de fibras curtas(%):	8		
Umidade(%):	8		
Mensagem <input type="text"/>			
<input type="button" value="<-Anterior"/>		<input type="button" value="Ajuda"/>	<input type="button" value="Sugestão para Teste"/>
		<input type="button" value="Processar"/>	

Figura 42 - Segunda etapa do processo para previsão do fio cardado.

Passo 5 – Digitar os valores correspondentes às características das fibra ou clicar no botão de “Sugestão para Teste” . Se algum valor seja inválido, uma mensagem aparecerá no campo “Mensagem” e as células de valores inválidos ficará em destaque.

Passo 6 - Como resultado, serão apresentados os valores de cada uma das características previstas das propriedades do fio conforme a Figura 43.

PREVISÃO DAS PROPRIEDADES DO FIO CARDADO			
Características da Fibra	Propriedades do Fio		
Micronaire($\mu\text{g}/\text{pol}^2$):	3.5	NE-Massa Linear:	28
Comprimento(mm):	30	UM-Índice Uster:	11.62
Uniformidade(%):	80	CVM-Coeficiente de Variação de Massa:	16.84
Resistência a roptura(gf/tex):	30	Pilosidade:	6.52
Alongamento(%):	6	Plush:	1.60
TRCnt-Número de partículas de impurezas(%):	10	Tenacidade:	14.89
TRArea-Percentual de área ocupada pelas impurezas(%):	0.2	Alongamento:	5.40
LFgrade-Grau de folhas(%):	2		
MR-Maturidade(%):	0.9		
Índice de fibras curtas(%):	8		
Umidade(%):	8		
Mensagem			
<input type="button" value="Reiniciar"/> <input type="button" value="Sugestão para Teste"/> <input type="button" value="Processar"/>			

Figura 43 - Segunda Etapa do processamento para previsão das propriedades do fio cardado com os resultados exemplificados.

7. Conclusão e Perspectivas Futuras

7.1. Conclusões

Esta pesquisa teve como principal objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para auxiliar o fiandeiro no processo de produção. Através desta ferramenta é possível obter a previsão das propriedades do fio, por meio de dados informados pelo usuário dos ajustes de máquinas e características da fibra, assim como a determinação das características da fibra de algodão, a partir dos dados de ajustes de máquinas e das propriedades do fio desejado sendo destinado a todas as indústrias de fios de algodão em suas aplicações práticas e demais pesquisadores.

Foi utilizada a metodologia de pesquisa quantitativa pois, trata-se de uma pesquisa que traduz em números informações coletadas diretamente numa fiação, com o intuito de classificá-las e analisá-las estatisticamente.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram estudadas as técnicas adequadas e mais utilizadas para o aprimoramento dos objetivos propostos.

Técnicas de previsão das propriedades do fio, determinação da fibra, previsão de defeitos na malha, classificação, reconhecimento de padrões, clusterização, entre outros foram alguns exemplos onde foi aplicado uma das técnicas praticada nesta pesquisa a técnica computacional das Redes Neurais Artificiais (RNAs).

A técnica de Redes Neurais Artificiais (RNAs) é utilizada para a resolução de diversos tipos de problemas característicos da Inteligência Computacional (IC) com a utilização de dados/variáveis relacionadas entre si, cada uma com sua maior ou menor influência na solução de um determinado problema. Este relacionamento foi aplicado, utilizando a técnica de análise de regressão dos processos, onde foi relacionada os dados na fases de entrada, processo e saída na produção do fio de algodão resultando em cada uma das “cases” para serem utilizadas no *Software SNN* durante a definição das RNAs.

No início da pesquisa pensou-se que seria necessário definir apenas 4 redes neurais, sendo elas, 2 redes cardada - uma de previsão do fio e outra para a determinação da fibra e 2 para o processo penteado - uma de previsão do fio e outra para a determinação da fibra. Verificamos no entanto que a grande dificuldade de obtenção dos padrões de qualidade por meio de redes neurais artificiais reside na definição de sua estrutura, seu treinamento e seleção dos dados de entrada, uma vez que os mesmos devem conter informações suficientes para que o sistema neural consiga detectar a correlação entre os dados de entrada e os dados de saída.

Na fase para a definição das redes, procuramos utilizar as 25 variáveis de entrada, verificando-se no entanto a obtenção de algumas redes foram mais complexas e outras sem solução. Para obviar esta questão foi estabelecido na configuração da rede no aplicativo *Software SMV*, conforme Figura 25, que o aplicativo selecionasse um subconjunto de variáveis independentes, de forma que as variáveis menos influentes sejam ignoradas.

Esta configuração teve um diferencial na fase de treinamento, pois ao utilizar todos as variáveis coletados, percebeu-se que tanto na definição da estrutura como no treinamento, o *Software Neural Network* (SNN), levou um maior tempo na definição da rede e no treinamento.

Acredita-se comumente, que quanto maior for o número de variáveis de uma série de dados, melhor será sua representação e, portanto, melhor será o desempenho do sistema classificador. Entretanto, o excesso de variáveis torna a representação de um problema mais difusa, dependendo da qualidade dos dados dificulta o aprendizado e piora o desempenho dos sistemas reconhecedores de padrões. Além disso, implica em aumento da carga computacional necessária, bem como pode incluir variáveis redundantes.

A técnica das redes neurais artificiais, foi de suma importância, pois a máquina consegue avaliar a correlação mais rapidamente do que o ser humano e que não basta treinamento e teste das redes, elas devem ser confiáveis, de modo que, conforme já descritos por alguns pesquisadores, uma rede neural somente pode prever uma característica caso já tenha o registros (*cases*) na sua estrutura no momento da criação da rede.

A propriedade mais importante das redes neurais é a habilidade de aprender a partir de seu ambiente e com isso melhorar seu desempenho, isso é feito através de um processo de

aprendizagem, que é um processo interativo de ajustes aplicado a seus pesos sinápticos, o algoritmo de treinamento. O aprendizado ocorre quando a rede neural atinge uma solução generalizada para uma classe de problemas.

Por meio da apuração do desvio padrão durante a fase de análise dos dados podemos perceber que baseado nos dados utilizados nesta pesquisa, alguns dados não eram tão relevantes quanto a outros, pois durante a fase de aprendizado não seria ajustado peso algum devido o fato do desvio padrão ser igual a zero.

Mesmo que as fibras utilizadas no processo de produção do fio de algodão em estudo sejam as mesmas, por meio da análise de sensibilidades antes e após o treinamento conclui-se que os resultados apresentados nos testes e validação demonstram que os modelos de padrão de qualidade obtidos podem ser utilizados para prever a qualidade de um fio de algodão com erros percentuais inferiores a 10%. Entretanto, os modelos padrões de qualidade apresentados estão limitados ao uso pelos valores das variáveis apresentados no item 4.1, valores mínimos e máximos, e as propriedades dos fios obtidos por processamento.

De acordo com a análise de sensibilidade, pode-se observar que para a previsão do fio no processo cardado, dentre as três variáveis mais influentes além da variável principal que envolve a característica da fibra relacionada com a qualidade do fio e de um modo geral aos ajustes do laminador, torce e continuo de anel foram o destaque neste processo.

Já para a previsão do fio penteado, pode-se dizer que o diferencial com relação ao processo cardado foram as características de resistência da fibra e percentual de área ocupada pelas impurezas.

Para a determinação das características da fibra para o processo cardado os dados das propriedades do fio passaram a ser os mais influentes do que os ajustes no processo de produção.

Através da análise dos dados obtidos para a sensibilidade apresentado no Quadro 29, o Coeficiente de variação de massa (CVM%) e o Índice Uster (UM%) foram as propriedades de fio mais importantes para a determinação das características da fibra seguido dos ajustes de Rotação do fuso (RPM_FS) e Percentual de estiragem (EST%) .

Assim como na determinação das fibras para o processo do fio cardado, para o processo penteado também se destacaram as qualidades do fio quanto ao índice uster(UM%) e o coeficiente de variação de massa (CVM%), mais influentes para a determinação de alongamento da fibra, comprimento, micronaire, resistência, índice de fibras curtas e uniformidade.

Com base nos objetivos propostos em desenvolver um *software* para a gestão da produção de fios de algodão, conclui-se que cooperação entre fiação e pesquisadores são fundamentais, pois esta pesquisa baseou-se nos dados de produção, ou seja, matéria-prima, ajustes nos processos e qualidade do produto final foram indispensáveis para a conclusão desta pesquisa.

Finalmente, o grande benefício do desenvolvimento deste trabalho foi a inclusão da palavra “simulação em rede” no cotidiano da indústria em estudo. Os engenheiros responsáveis pela produção possuem muito conhecimento prático, tomam decisões baseadas em conhecimentos anteriores, e este trabalho vem contribuir para um bom desenvolvimento do trabalho desses profissionais e demais pesquisadores.

7.2. Perspetivas Futuras

Tendo como base os resultados obtidos neste trabalho, as seguintes sugestões para trabalhos futuros foram definidas:

- a. Aperfeiçoar a idéia apresentada neste trabalho, com rotinas para a importação de novos dados de produção e a partir desses novos dados, atualizar os algoritmos por meio da definição de novas redes neurais.
- b. Desenvolver um software prestador de serviços de qualidade para a industria têxtil, que unifique as pesquisas já apresentadas como por exemplo a previsão de fibras por meio dos genotipos, previsão do fio, determinação da fibras e defeitos na tecelagem.
- c. Possibilidade do software definir a aplicação do fio.

Referências Bibliográficas

- ABRAPA, 2012. Manual para a Padronização da Classificação Instrumental do Algodão.
- ALMEIDA, 2013. Avaliação do Impacto económico da aplicação da Taxa de Recursos Hídricos na Indústria Têxtil localizada na Bacia Hidrográfica do Ave.
- AMIN, A.E., 2013. A novel classification model for cotton yarn quality based on trained neural network using genetic algorithm. Knowledge-Based Syst. 39 (2), 124–132.
- ANTONELLI, G. C.; NEITZEL, I. 2015. Aplicação de redes neurais artificiais na indústria de fios de algodão. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 11, nº 2, abr-jun/2016, p. 1-20.
- ANTONELLI, G. C.; NEITZEL, I. 2017. Aplicação de Inteligência Artificial na Indústria de Fios de Algodão: Um Exemplo Prático na Indústria de Fios Cocamar. Balti: Novas Edições Acadêmicas, 125 p.
- ARAUJO, M.; CASTRO, E. M. M. 1984. Manual de Engenharia Têxtil. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 694 p.
- ASSAD, F., et al. 2010. Processamento do Algodão para a Produção Têxtil. , 1, pp.1–9.
- BARBOSA, P. 2012. Análise dos impactos ambientais da cadeia têxtil do algodão no espaço urbano-industrial: uma aplicação da avaliação do ciclo de vida.
- BASTOS, P.M.L. 2003. Inferência de propriedades químicas do algodão através de técnicas de Data Mining. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho.
- BELTRÃO, N. E. M. 2005. Fisiologia do algodoeiro: aspectos fisiológicos na produção e na qualidade da fibra do algodoeiro. V CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO. EMBRAPA Algodão.
- BUAINAIN, A.M., BATALHA, M. O. 2007. Cadeia Produtiva do Algodão V.4.
- BALESTRASSI, P. P. 2000. Identificação de padrões em gráficos de controle estatístico de processos, em tempo real, utilizando séries temporais e redes neurais artificiais, 2000. Tese. 217p. (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BOLSA DE MERCADORIAS & FUTURO 2006. Padrões universais do algodão. São Paulo, s.d. 11 p.
- BRAGA A.; CARVALHO A.; LUDERMIR T. 2000. Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos LTC, 262p

- CAMARGO, V.C.B. 2012. Otimização de processos na indústria têxtil: modelos e métodos de solução.
- CHATTERJEE, P, CHAKRABORTY, S. 2017, Development of a meta-model for the determination of technological value of cotton fiber using design of experiments and the TOPSIS method . Journal of Natural Fibers , Publicado online: 09 Out 2017.
- CHEREM, L.F.C. 2004. Um modelo para a predição da alteração dimensional de um tecido de malha em algodão. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, S. das I.T. do E. de S.P.-S., 2009. Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil - Série P + L,
- EDUARDO, F. 2012. La Industria Textily Y Su Control De Calidad III. Hilandería,
- EL-SHAKANKERY M.H., IBRAIN A.E.I., EL-BANNA A.A.A.E. 2014. Predicting Strength Properties for Ring and Compact Egyptian Cotton Spun Yarns using Artificial Neural Network. Journal of the TEXTILE Association. Abril 2014.
- ENCONTRO, X. & ENGENHARIA, N.D.E. 2012. Rastreabilidade e identificação de matériaprima: estudo de caso em uma indústria de fios.
- EMBRAPA, 2014. Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Produção vegetal Disponível em : <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2176654/cultivares-dealgodao-transgenico-estao-disponiveis-para-o-plantio-na-proxima-safra>>. Acesso em 18 ago. 2015.
- FONSECA, R.G., SANTANA, J.C.F. 2003. Análise de Fios Equipamentos e Aspectos Relevantes de Qualidade. Infoteca-e Repositório de Informação Tecnológica da Embrapa. Ed. 2003. Campina Grande: Embrapa Algodão. ISSN: 0100-6460. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/273467/1/CIRTEC69.PDF>> Acesso em: 11/06/2018.
- FOROUZAN, B.; MOSHARRAF, F. 2011. Fundamentos da Ciência da Computação. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning.
- FREIMAN, J. P. 2004. Utilização de redes neurais artificiais na previsão de indicadores financeiros para avaliação econômica de negócios em situação de risco. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá.
- FREITAS FILHO, P. J. 2011. Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicações em Arena. 2ª ed. Florianópolis: Visual Books.

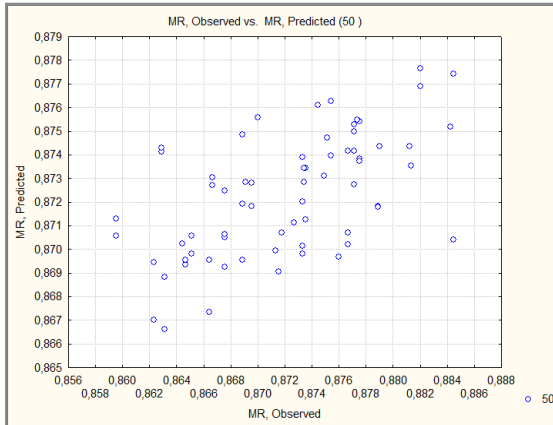
- GARCIA, S. J. 1995. Fiação: Cálculos Fundamentais. Série Tecnologia Têxtil. Ed. SENAI/CETIQT, Rio de Janeiro, 256 p.
- GIL, A. C. 2002. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Editora Atlas, 176p.
- HAGAN, M. T.; MENHAJ, M. B. 1994. Training feedforward networks with the marquardt algorithm. Neural Networks, IEEE Transactions on, v.5, n.6, p.989-993.
- HAYKIN, S.S. 2009. Neural networks and learning machines. Canada. Pearson.
- HAMBY, S. D. 1965. The American cotton handbook. Volume I, 3. ed.
- HUNG, O.N., SONG, L.J., CHAN, C.K., KAN, C.W., YUEN, C.W.M. 2011. Using artificial neural network to predict colour properties of laser-treated 100% cotton fabric. Fiber. Polym. 12, 1069–1076.
- JUNIOR, E. G. , CARDOSO D. B. O., REIS M. C., NASCIMENTO A. F. O., BORTOLIN D. I., MARTINS M. R., SOUSA L. B. 2017. "Cotton genotypes selection through artificial neural networks," Genetics & Molecular Research, vol. 16.
- IEMI - Instituto de estudos e marketing industrial LTDA. 2016. Relatório setorial da indústria têxtil brasileira: Brasil têxtil 2016. São Paulo: IEMI.
- KAYSERI G. O.; KIRTAY E. 2015. Part II. Predicting the Pilling Tendency of the Cotton Interlock Knitted Fabrics by Artificial Neural Network. Ege University, Textile and Apparel Research and Application Center, İzmir TURKEY.
- KLEIN, W. 1986. A Practical Guide to Combing and Drawing. Manchester, UK: The Textile Institute.
- KRIESEL, D. A. 2005. Brief Introduction to Neural Networks. [URL]: http://www.dkriesel.com/_media/science/neuronalenetze-en-zeta2-2col-dkrieselcom.pdf
- LAVADO, FEL 2012, La Industria Textil Y Su Control de Calidad. III Hilandería , Licencia Creative Commons Atribucion no Commercial, acesso em 04 de julho de 2018 em: <http://fidellockuan.web.com>
- LIMA, A.K.V.O et al. 2007. Características Tecnológicas da Fibra do Algodão 'BRS 200' Marron Armazenada em duas Microrregiões Paraibanas. Rev. bras. ol. fibras., Campina Grande, v.11, n.3, p.163-171
- KROSE, B.; SMAGT P. V. D. 1996. An introduction to Neural Networks. The University of Amsterdam. Eighth edition. 136p.
- MAJUMDAR, A., MAJUMDAR, P.K., SARKAR, B. 2004. Selecting cotton bales by spinning consistency index (SCI) The Neural Network and Back Propagation Algorithm. , 4(March), pp.1–8.

- MALUF, E., KOLBE, W. 2003. Dados Técnicos para a Indústria Têxtil. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2ª Edição.
- MIGUEL, P.; BASTOS, L. 2003. Inferência de propriedades químicas do algodão através de técnicas de Data Mining. Dissertação de mestrado. Universidade do Minho.
- MINUSSI, C. R.; SILVEIRA, M. C. G. 1995. Transient Stability Analysis of Electric Power Systems by Neural Networks, 38th Midwest Symposium on Circuits And Systems, Rio de Janeiro-RJ, pp. 1305-1308.
- MITRA, A., MAJUMDAR, A., MAJUMDAR, P. K., BANERJEE, D. 2013. Predicting thermal resistance of cotton fabrics by artificial neural network model. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 50, 172-177.
- MWASIAGI, J.I., HUANG, X.B., WANG, X.H. 2012. The use of hybrid algorithms to improve the performance of yarn parameters prediction models. *Fibers Polym.* 13(9), 1201–1208.
- MWASIAGI J. I. , WANG X. H. & HUANG X. B. 2009. The Use of K-means and Artificial Neural Network to Classify Cotton Lint, *Fibers and Polymers*, Vol.10, No.3, 379-383.
- NETO J. F. Q. 2009. Classificando a Qualidade do Algodão Através da Predição da Qualidade do Fio Produzido Utilizando Mineração de Dados. Fortaleza – Ceará.
- PATTANAYAK, AK, LUXIMON, A, KHANDUAL, A. 2011. Prediction of drape profile of cotton woven fabrics using artificial neural network and multiple regression method. *Textil Res J* 2011; 81: 559–566.
- PERRUPATO, F.C.; ANTONELLI, G.C., SOUZA, F. A.; LORENZATTO, L.; PINTOR,S. 2004. Análise Quantitativa da Influência das Características da Fibra na Qualidade do Fio de Algodão. In II SIENTEX – Simpósio Internaional de Engenharia Têxtil, Natal/RN. PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. 2013. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- RESENDE, R.A. 1999. Um estudo da qualidade do processo de fiação por meio de técnicas de controle estatístico de processo - CEP. ENEGEP.
- RIBEIRO, L.G. 1984. Introdução à tecnologia têxtil. Rio de Janeiro: Cetiqt/Senai, v.2.
- RIETER. Filatório. Disponível em:<http://www.rieter.com/en/spun-yarnsystems/products/spinning-preparation/f-16-f-36-roving-frame/>. Acesso em: 18 ago. 2015.B

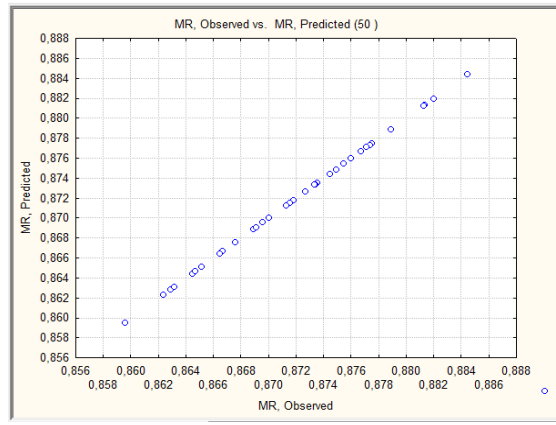
- RIETER. Torce. Disponível em:http://www.rieter.com/fileadmin/user_upload/picturepark/F_15_F_35_oving_frame_Press_6360.jpg . Acesso em: 18 ago. 2015.
- RIETER. Sistema de estiragem. Disponível em:<<http://www.rieter.com/en/machinessystems/products/spinning-preparation/f-16-f36-oving-frame/>> . Acesso em 18 ago. 2.015.
- RIETER. Filatório a anel. Disponível em:<<http://www.rieter.com/en/machinessystems/products/ring-spinning/g-32-ringspinning-machine/>>. Acesso em: 18ago. 2.015.
- SANTANA, J. C. S.; ALMEIDA, F. A. C.; SANTANA, J. C. F.; BELTRÃO, N. E. M.; GOUVEIA, J. P. .G. 2002. Comportamento da cor e do tipo de fibras de duas cultivares de algodão armazenados em dois municípios paraibanos. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 447-455.
- SARKAR, B.; MAJUNDAR, P.K. 2006. A New Algorithm of cotton fibre selection and laydown using TOPSIS method of multi-criteria decision making. , pp.248–255.
- SAVILLE B.P. 1999. Physical testing of textiles. The Textile Institute Abington Hall, Cambridge, England.
- SILVA, T., 2012. Avaliação do ciclo de vida de fios têxteis: Estudo de caso de uma fiação da cidade de Maringá, Paraná.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. 2005. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 4ª Edição. Florianópolis: UFSC.
- SILVA, I. N.; ARRUDA, L. V. R.; AMARAL, W. C.; BORDON, M. E. 2001. Projeto e análise de uma rede neural para resolver problemas de programação dinâmica. Sba Controle & Automação, v.12, n.1, p.1-10.
- SOUZA, F.A., 2009. Gestão de estoques em indústrias de fios têxteis.
- STATSOFT, INC. 2001. SNN (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.
- SUNDARAM, V. 1979. Handbook of methods of tests for cotton fibers, yarns and fabrics. 2.ed. [Bombay]: Cotton Technological Research Laboratory. Indian Council of Agricultural Research, p 245.
- TAFNER, M.A.; XEREZ, M.; RODRIGUES F., I. W. 1996. Redes Neurais Artificiais – Introdução e princípios de neurocomputação, Editora Eko.

- TRUTZSCHLER, Karde TC 1 1. Disponível em:<
http://www.truetzschlerspinning.com/fileadmin/user_upload/truetzschlerspinning/brochures_downloads/Karde/portugiesisch/TC11_PT.pdf >Acesso em: 18 ago. 2.015.
- TRUTZSCHLER, Strecken TD. Disponível em:<
http://www.truetzschler.com/fileadmin/user_upload/truetzschlerspinning/german/documents/Downloadbereich/Strecke_D-1.pdf >Acesso em: 18ago. 2.015.
- UNAL, P.G., UREYEN, M.E., MECIT, D. 2012. Predicting properties of single jersey fabrics using regression and artificial neural network models, *Fibers and Polymers*, 13(1), 87-95.
- URBAN, M.L.P., BESEN, G.M.V, GONCALVES, J.S, SOUZA, S.A.M, 1995. Desenvolvimento da produção de têxteis de algodão no Brasil. *Informações Econômicas*, SP, v.25, n.12, dez. 1995.
- USTER STATISTICS. USTER Think quality. Disponível em : <<https://www.uster.com>>. Acesso em 14 dez. 2018.
- VALIANT, L. G. 1984. A theory of the learnable. *Magazine Communications of the ACM*. v. 27.
- VASCONCELOS, R. 1993. Contribuição à aplicação de técnicas de inteligência artificial na tecnologia da fiação. Tese de doutoramento. Universidade do Minho.
- VASCONCELOS, R.M., Bastos, P. 2003. *Técnicas de data mining*. , vol I, pp.1–14.
- ZAGO, G., 2005. Otimização da composição da matéria prima para uma indústria têxtil de grande porte.

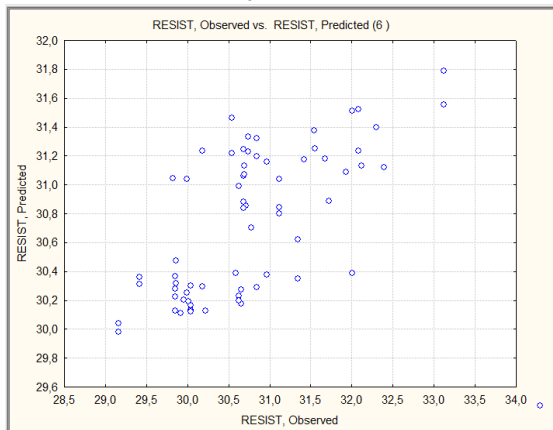
Apêndice I – Representação visual de *performance* das RNAs antes e após o treinamento na determinação das características da fibra para o processo cardado.



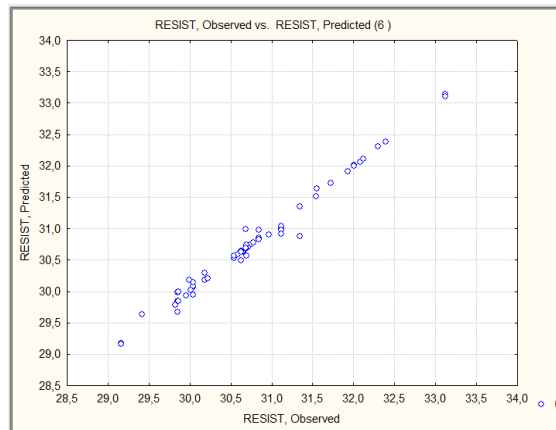
Performance da RNA antes do treinamento para determinar a MR.



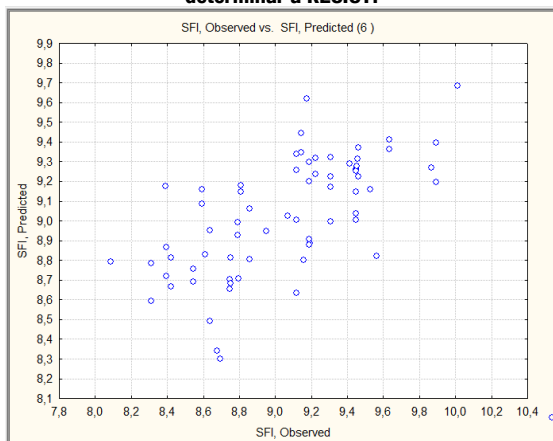
Performance da RNA após o treinamento para determinar a MR.



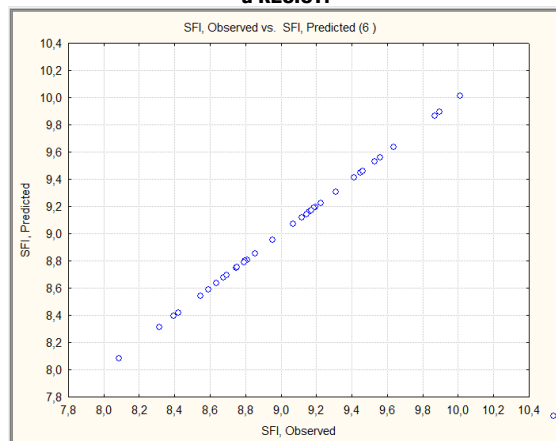
Performance da RNA antes do treinamento para determinar a RESIST.



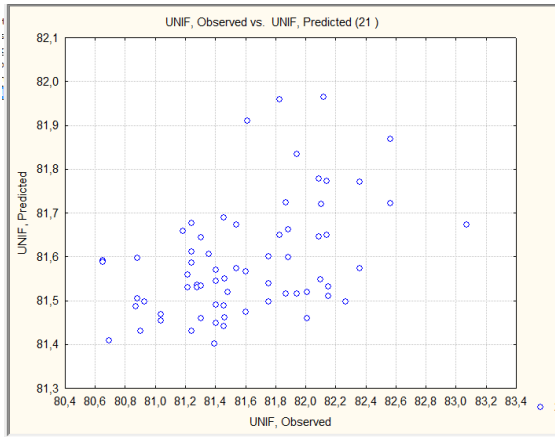
Performance da RNA após o treinamento para determinar a RESIST.



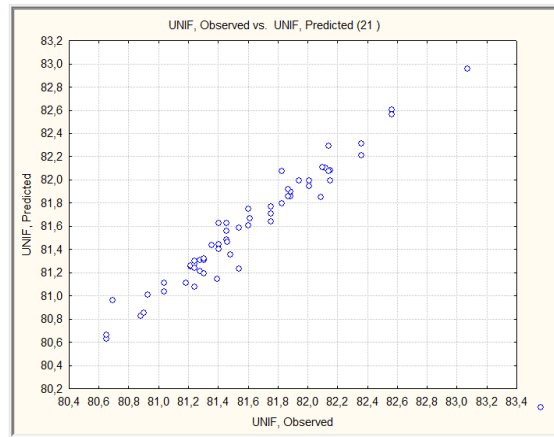
Performance da RNA antes do treinamento para determinar o SFI.



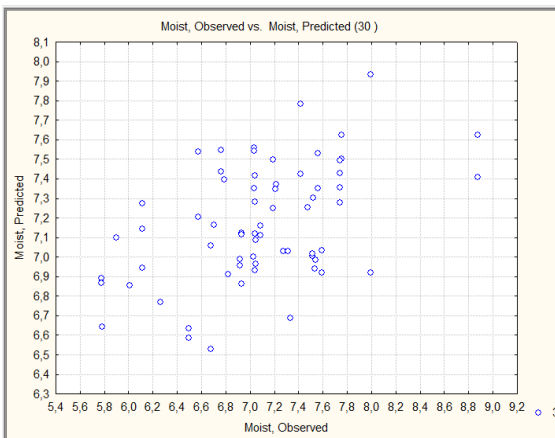
Performance da RNA após o treinamento para determinar o SFI.



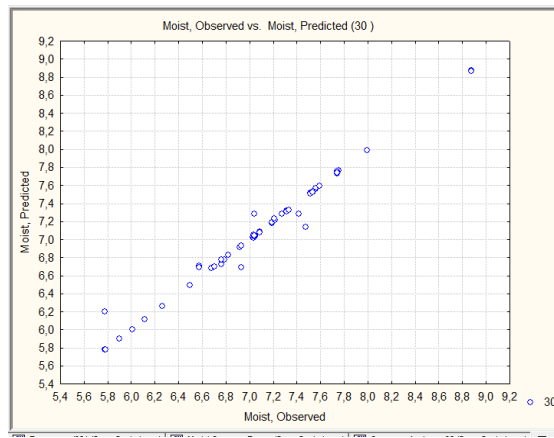
Performance da RNA antes do treinamento para determinar a UNIF.



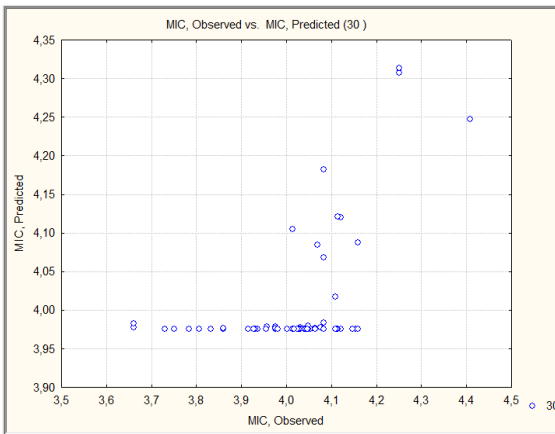
Performance da RNA após o treinamento para determinar a UNIF.



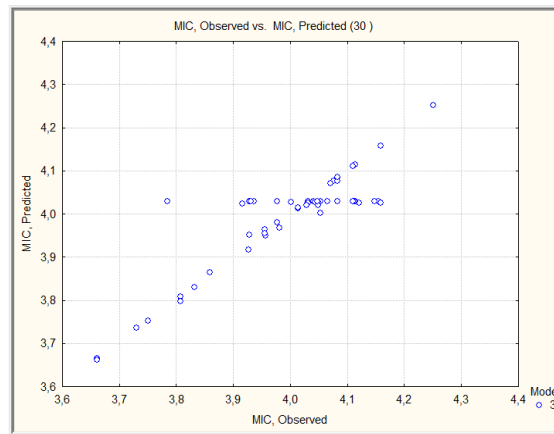
Performance da RNA antes do treinamento para determinar a MOIST.



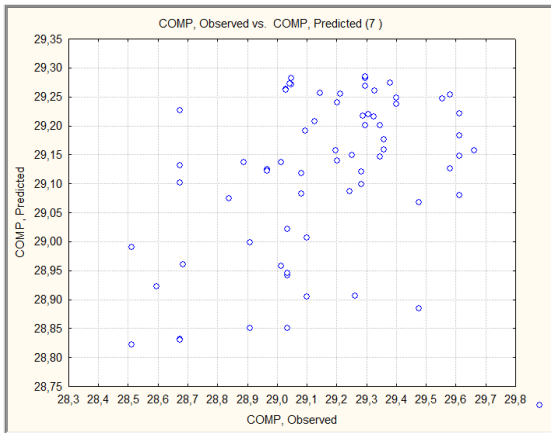
Performance da RNA após o treinamento para determinar a MOIST.



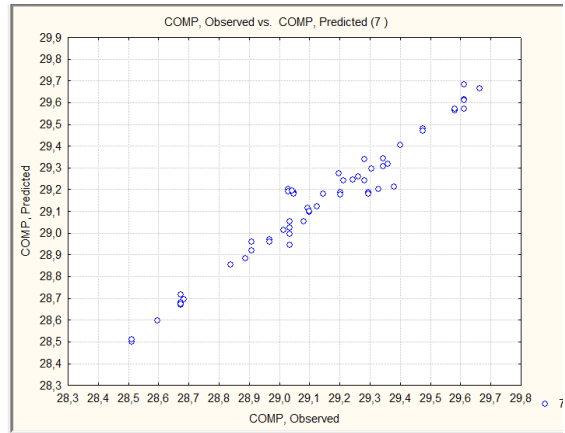
Performance da RNA antes do treinamento para determinar o MIC.



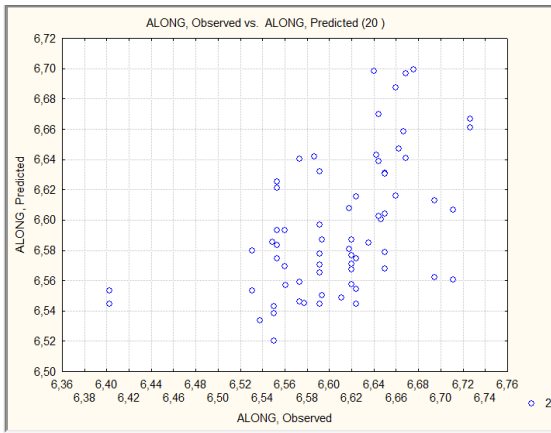
Performance da RNA após o treinamento para determinar o MIC.



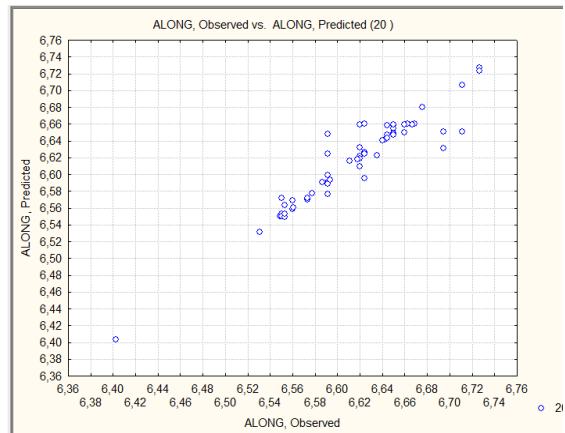
Performance da RNA antes do treinamento para determinar o COMP.



Performance da RNA após o treinamento para determinar o COMP.

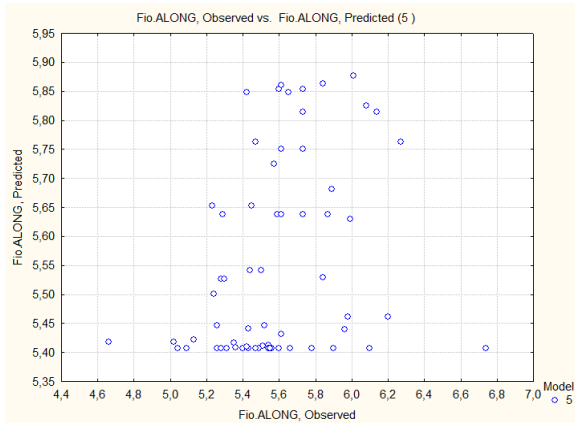


Performance da RNA antes do treinamento para determinar o ALONG.

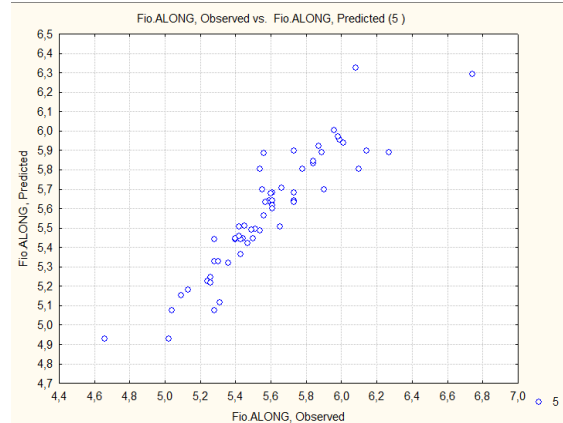


Performance da RNA após o treinamento para determinar o ALONG.

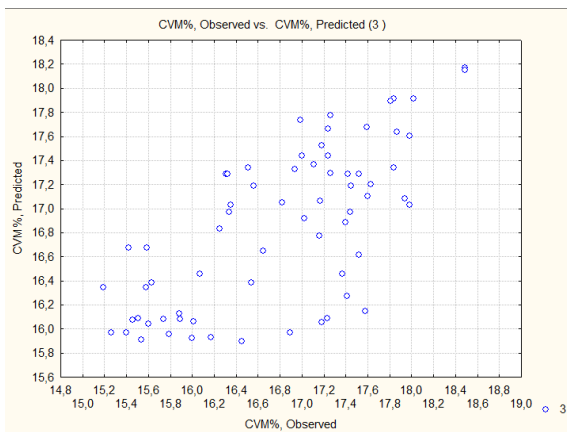
Apêndice II – Representação visual de *performance* das RNAs antes e após o treinamento na previsão das propriedades do fio para o processo cardado.



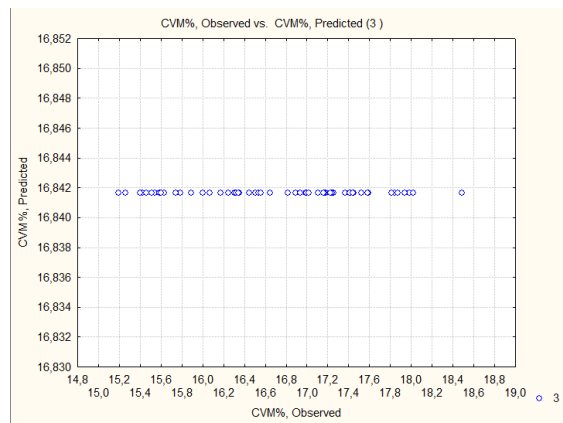
Performance da RNA antes do treinamento para prever o ALONG.



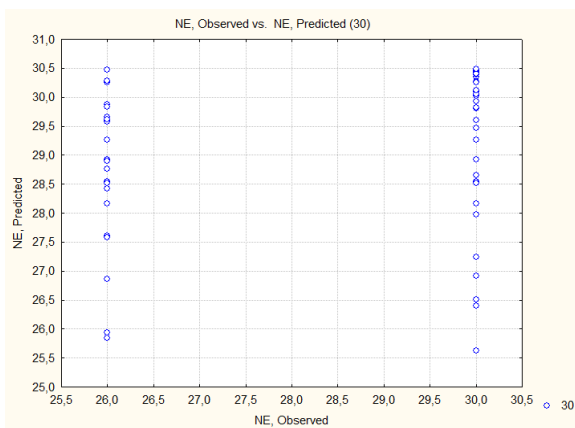
Performance da RNA após o treinamento para prever o ALONG.



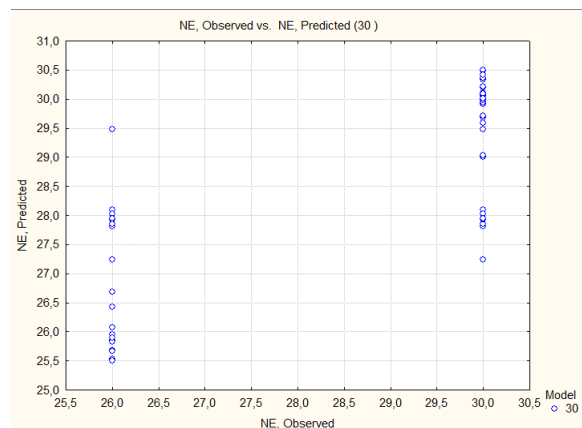
Performance da RNA antes do treinamento para prever o CVM%.



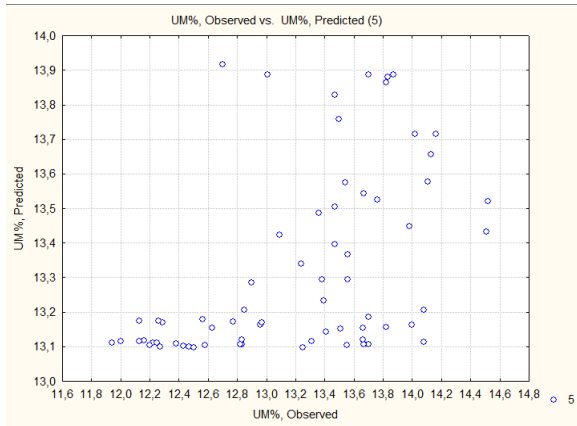
Performance da RNA após o treinamento para prever o CVM%.



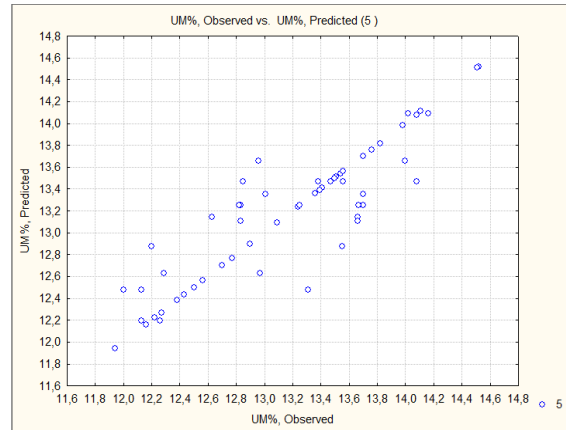
Performance da RNA antes do treinamento para prever o NE.



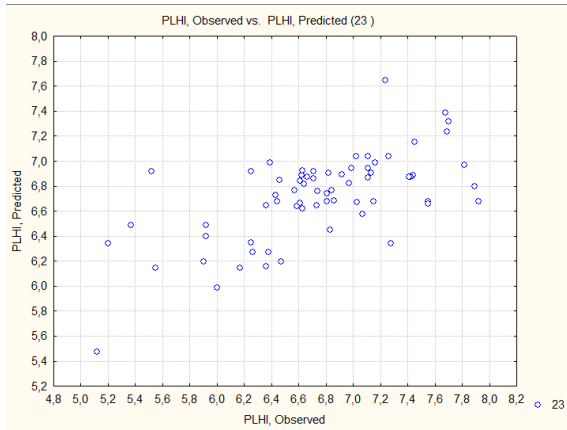
Performance da RNA após o treinamento para prever o NE.



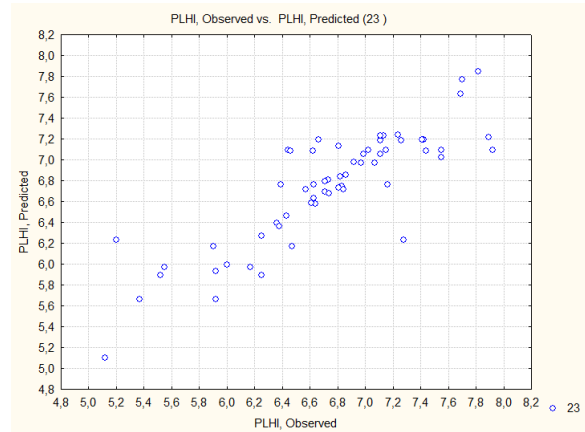
Performance da RNA antes do treinamento para prever o UM%



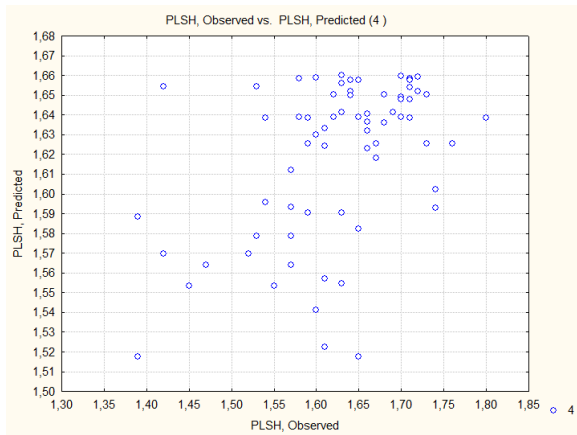
Performance da RNA após o treinamento para prever o UM%.



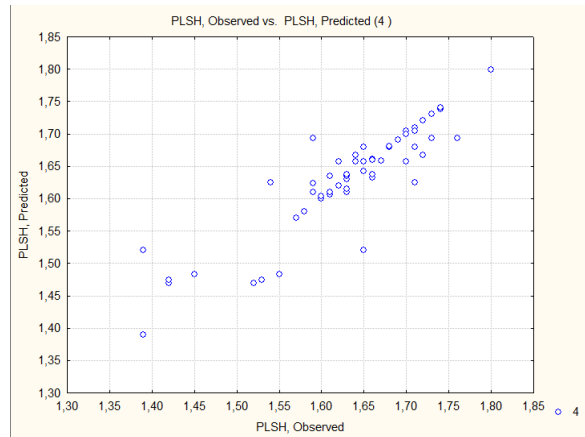
Performance da RNA antes do treinamento para prever a PLHI.



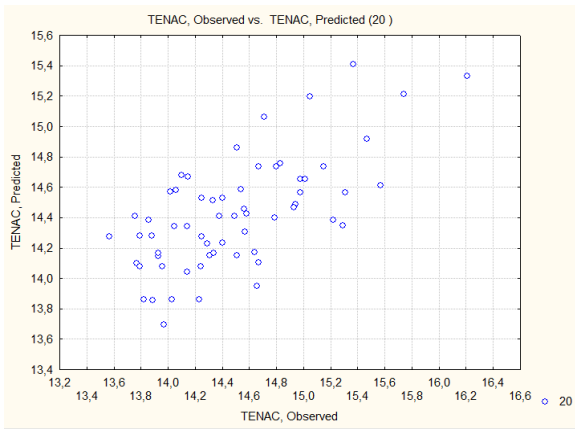
Performance da RNA após o treinamento para prever a PLHI.



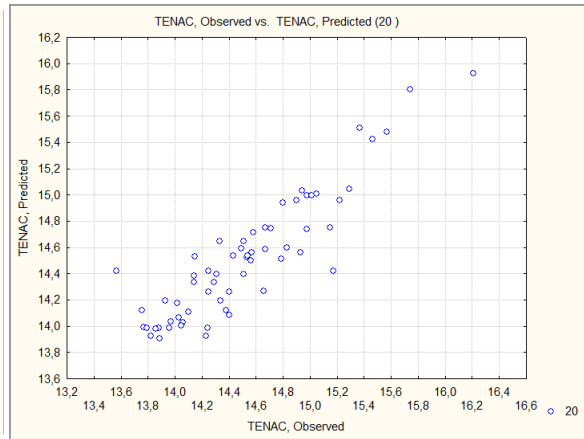
Performance da RNA antes do treinamento para prever a PLSH.



Performance da RNA após o treinamento para prever a PLSH.

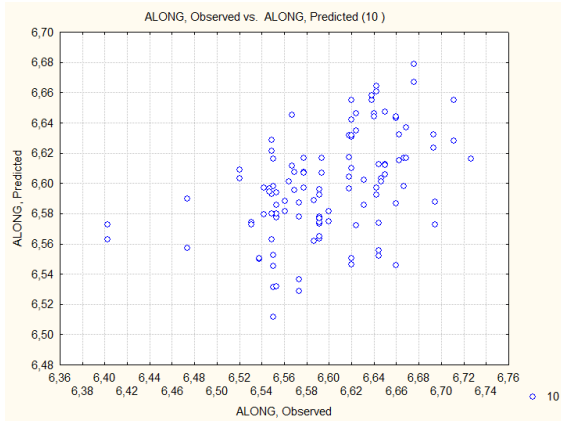


Performance da RNA antes do treinamento para prever a TENAC.

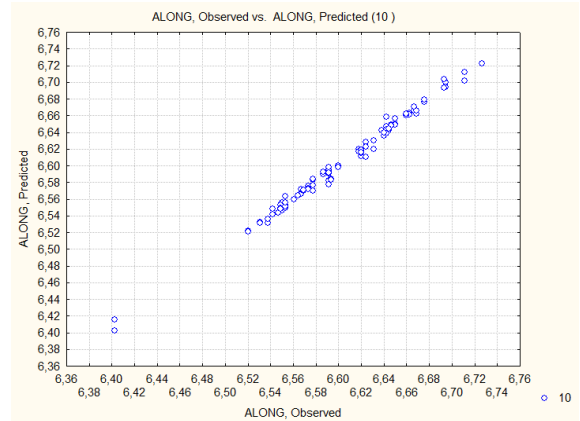


Performance da RNA após o treinamento para prever a TENAC.

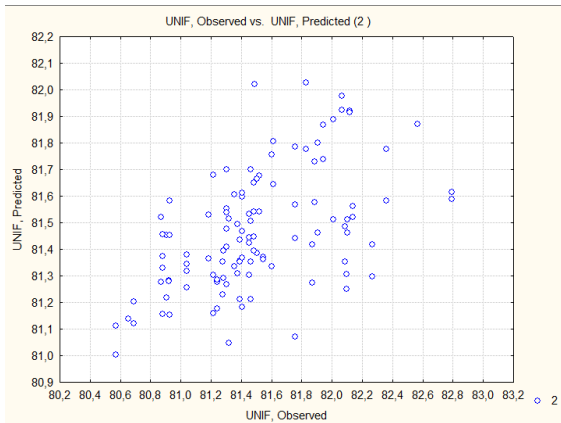
Apêndice III – Representação visual de *performance* das RNAs antes e após o treinamento na determinação das características da fibra para o processo penteado.



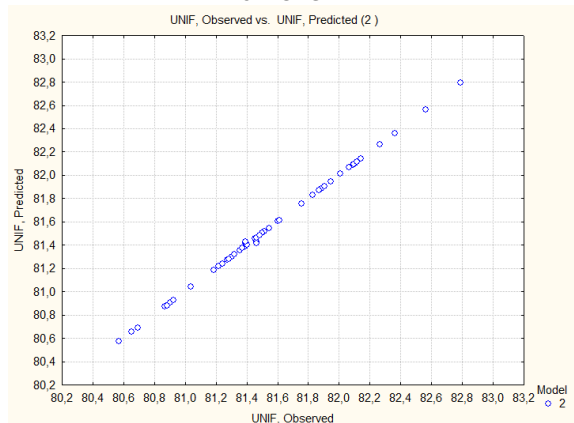
Performance da RNA antes do treinamento para determinar o ALONG.



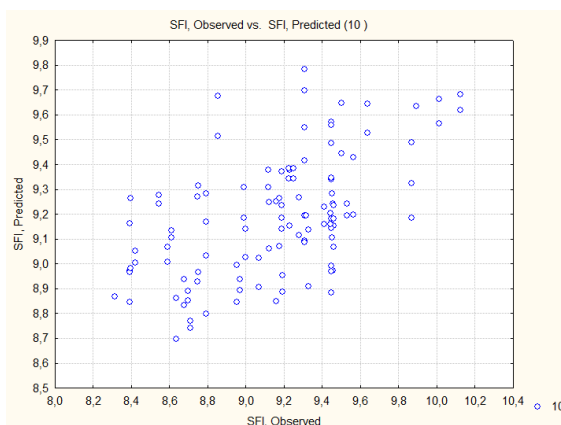
Performance da RNA após o treinamento para determinar o ALONG.



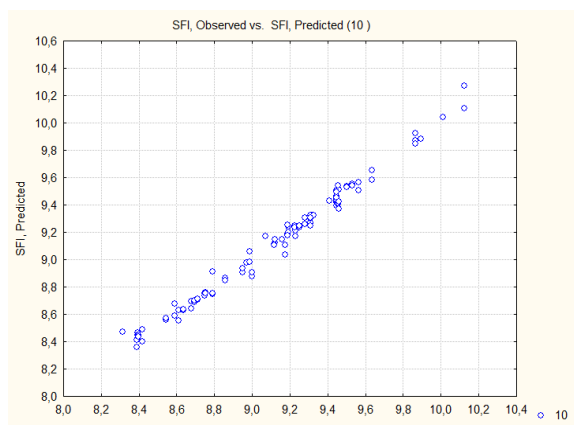
Performance da RNA antes do treinamento para determinar a UNIF.



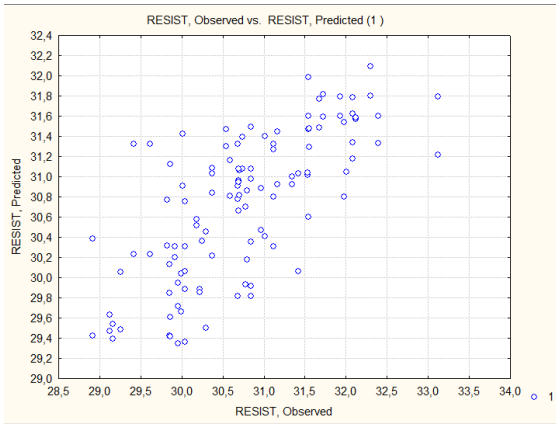
Performance da RNA após o treinamento para determinar a UNIF.



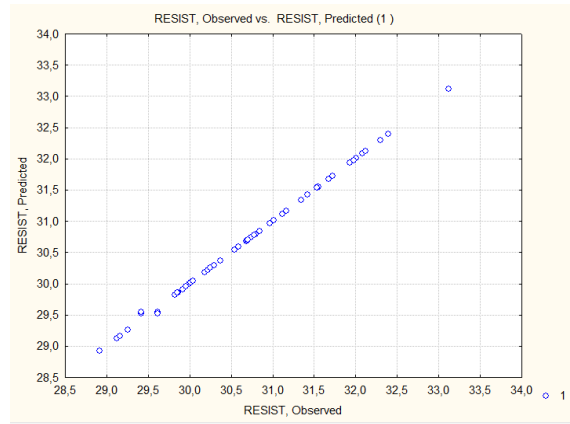
Performance da RNA antes do treinamento para determinar o SFI.



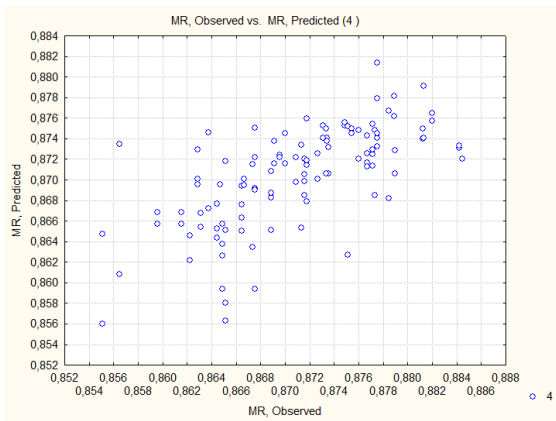
Performance da RNA após o treinamento para determinar o SFI.



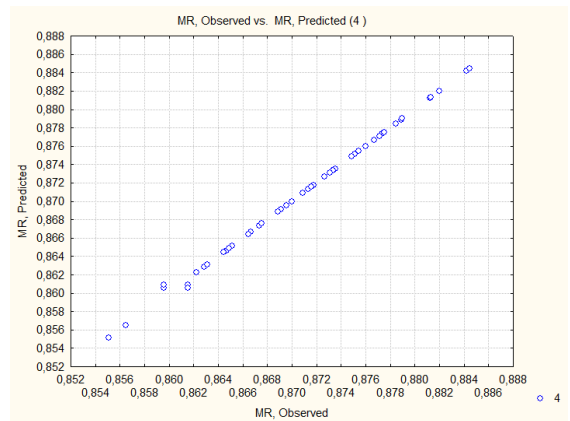
Performance da RNA antes do treinamento para determinar a RESIST.



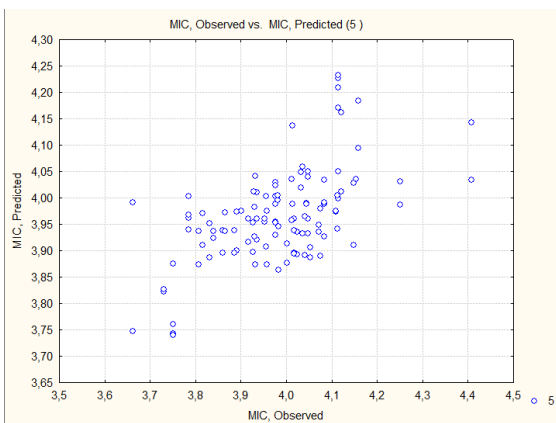
Performance da RNA após o treinamento para determinar a RESIST.



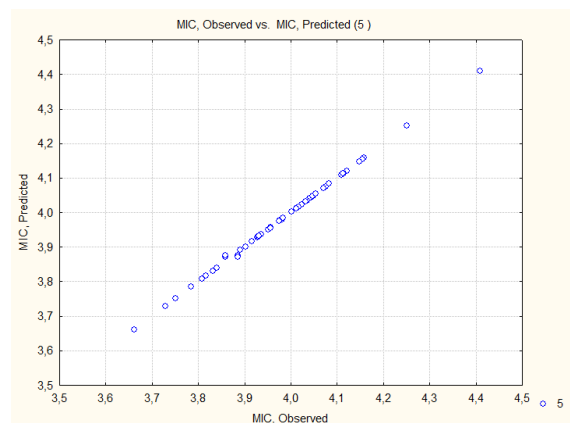
Performance da RNA antes do treinamento para determinar a MR.



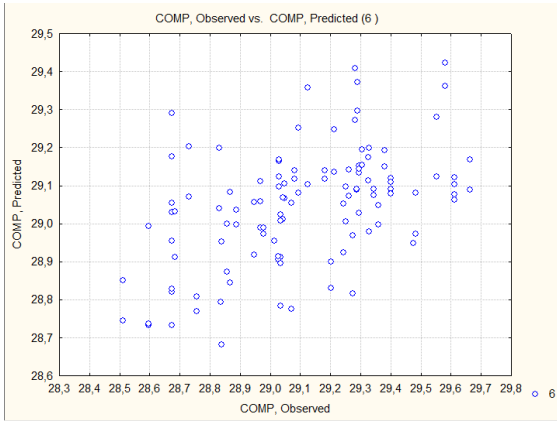
Performance da RNA após o treinamento para determinar a MR.



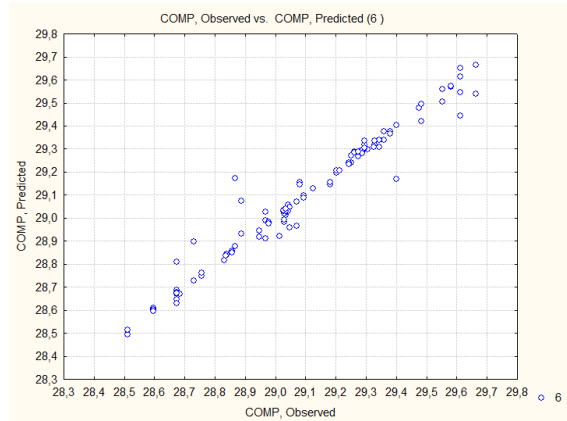
Performance da RNA antes do treinamento para determinar o MIC.



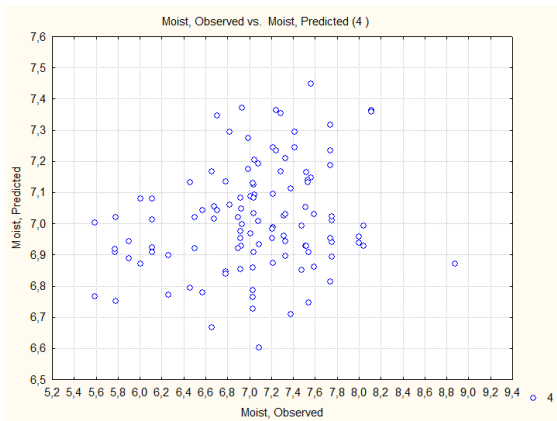
Performance da RNA após o treinamento para determinar o MIC.



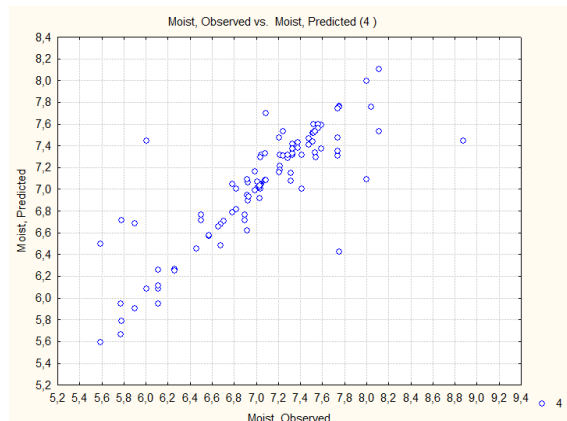
Performance da RNA antes do treinamento para determinar o COMP.



Performance da RNA após o treinamento para determinar o COMP.

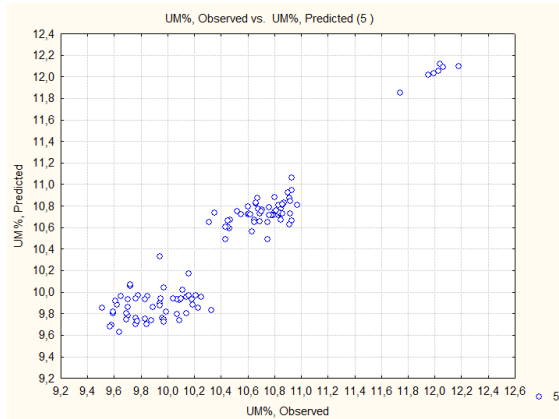


Performance da RNA antes do treinamento para determinar a MOIST.

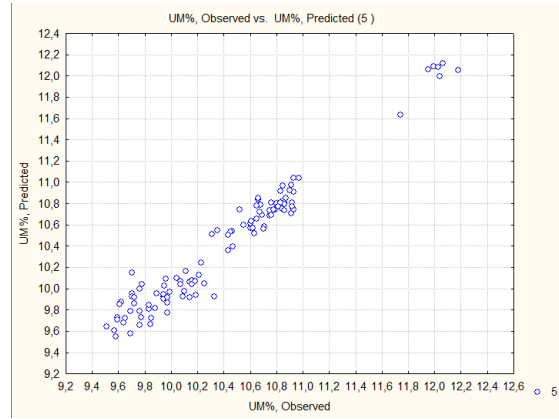


Performance da RNA após o treinamento para determinar a MOIST.

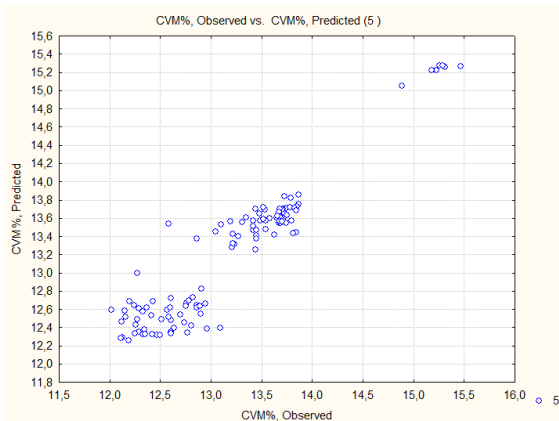
Apêndice IV - Representação visual de *performance* das RNAs antes e após o treinamento na previsão das propriedades do fio para o processo penteado.



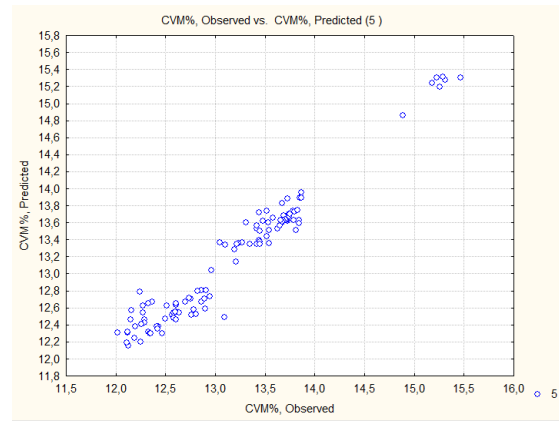
Performance da RNA antes do treinamento para prever o ALONG.



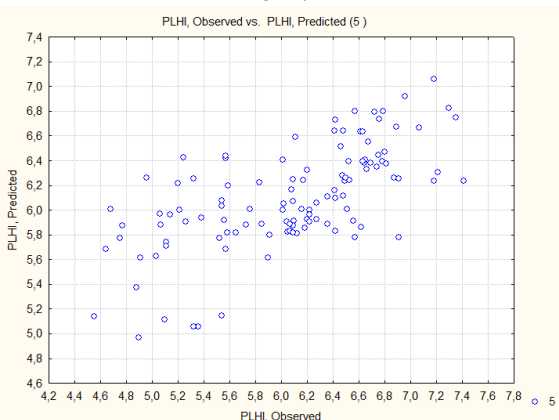
Performance da RNA após o treinamento para prever o UM%.



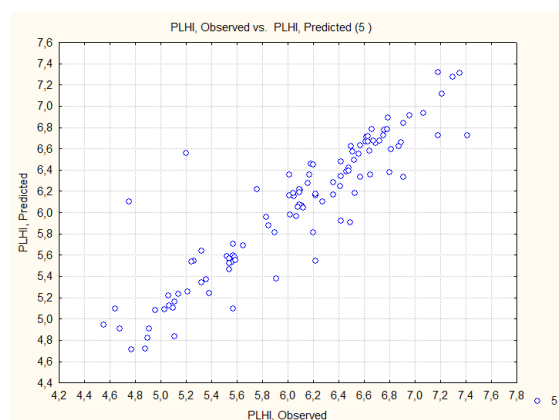
Performance da RNA antes do treinamento para prever o CVM%.



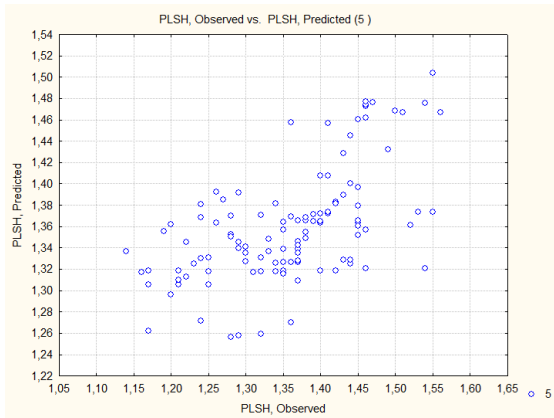
Performance da RNA após o treinamento para prever o CVM%.



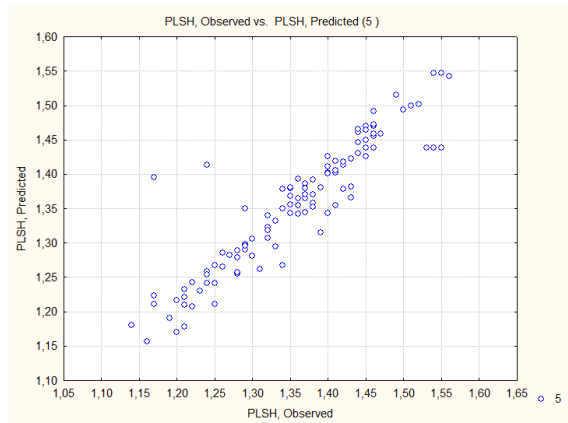
Performance da RNA antes do treinamento para prever a PLHI.



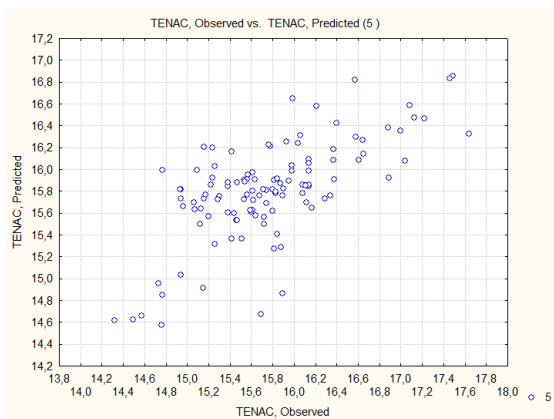
Performance da RNA após o treinamento para prever a PLHI.



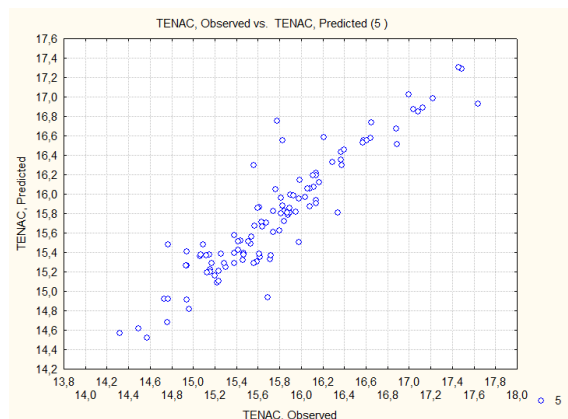
Performance da RNA antes do treinamento para prever a PLSH.



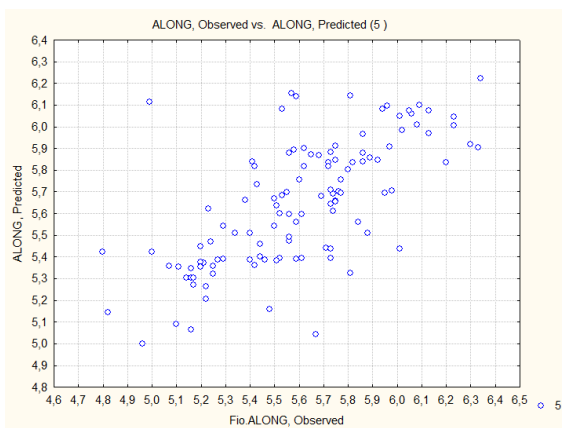
Performance da RNA após o treinamento para prever a PLSH.



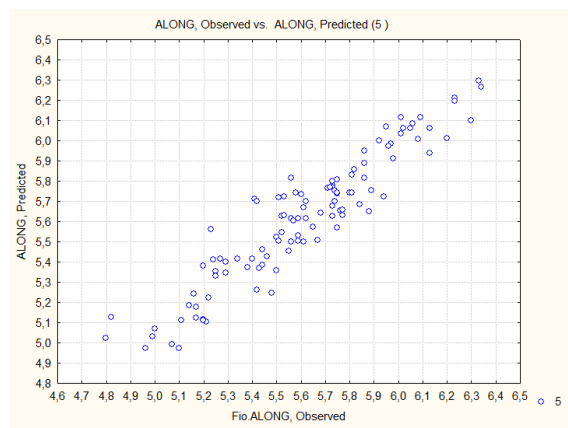
Performance da RNA antes do treinamento para prever a TENAC.



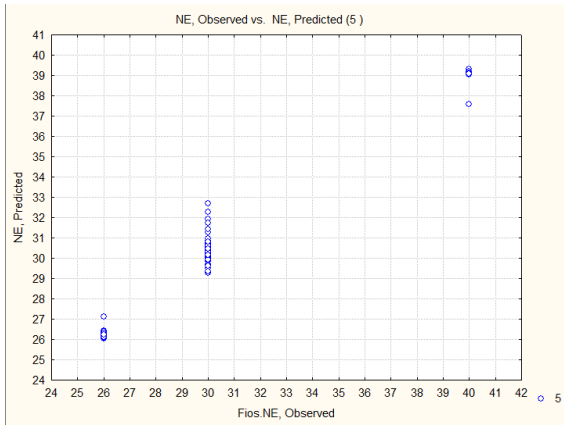
Performance da RNA após o treinamento para prever a TENAC.



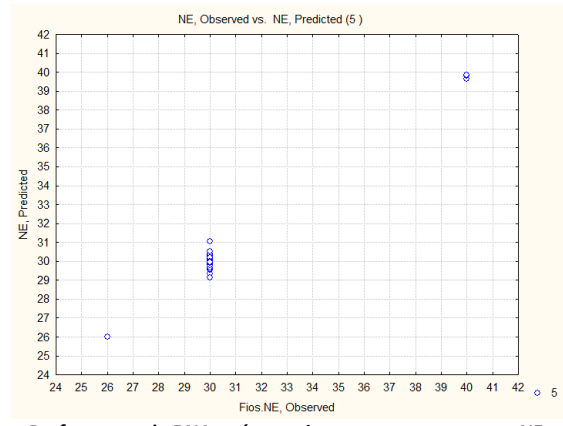
Performance da RNA antes do treinamento para prever o ALONG.



Performance da RNA após o treinamento para prever a ALONG.



Performance da RNA antes do treinamento para prever a NE.



Performance da RNA após o treinamento para prever a NE.

Apêndice V – Código do modelo de padrão de qualidade Comprimento(com) para a característica da fibra no processo cardado.

```
<?php
Class compCardado{
private $comp07Thresholds=array(59);
private $comp07Weights=array(885);

public function __construct(){
$this->comp07SetThresholds();
$this->comp07SetWeights();
}

Private function comp07SetThresholds(){
$this->comp07Thresholds[1]=0.61996415544435712;
$this->comp07Thresholds[2]=-0.62964409910888874;
$this->comp07Thresholds[3]=-0.45645834943891633;
$this->comp07Thresholds[4]=0.3445434570359327;
$this->comp07Thresholds[5]=-0.68102020226944604;
$this->comp07Thresholds[6]=-0.11618798437463682;
$this->comp07Thresholds[7]=0.91281699956205542;
$this->comp07Thresholds[8]=-0.083312979824807995;
$this->comp07Thresholds[9]=0.50445841852316653;
$this->comp07Thresholds[10]=0.93449463290347645;
$this->comp07Thresholds[11]=-0.92910809510479031;
$this->comp07Thresholds[12]=-0.60534667816801957;
$this->comp07Thresholds[13]=0.52677087519957178;
$this->comp07Thresholds[14]=-0.52258590697917229;
$this->comp07Thresholds[15]=-0.3385009765625;
$this->comp07Thresholds[16]=-0.56270547497297563;
$this->comp07Thresholds[17]=-0.1340386061636907;
$this->comp07Thresholds[18]=0.26165771504375007;
$this->comp07Thresholds[19]=0.28912353515694816;
$this->comp07Thresholds[20]=0.69829952003819906;
$this->comp07Thresholds[21]=-0.25628662109375;
$this->comp07Thresholds[22]=0.071288262320263987;
$this->comp07Thresholds[23]=-0.38458204132483648;
$this->comp07Thresholds[24]=-0.72532915406855047;
$this->comp07Thresholds[25]=0.021375083158618885;
$this->comp07Thresholds[26]=0.11498937594158519;
$this->comp07Thresholds[27]=0.34045410156244021;
$this->comp07Thresholds[28]=-0.13037820251491161;
$this->comp07Thresholds[29]=-0.13366699218764744;
$this->comp07Thresholds[30]=-0.3873901367195508;
$this->comp07Thresholds[31]=-0.36572265624983136;
$this->comp07Thresholds[32]=0.75753697342181792;
$this->comp07Thresholds[33]=0.37968244440761101;
$this->comp07Thresholds[34]=0.27227785803693699;
$this->comp07Thresholds[35]=0.63585097084706022;

}
```

```
Private function comp07SetWeights(){
$this->comp07Weights[1]=0.51916948031084953;
$this->comp07Weights[2]=-0.70977675300743992;
$this->comp07Weights[3]=-0.32987538591616444;
$this->comp07Weights[4]=0.42326432300965161;
$this->comp07Weights[5]=-0.22845302229557349;
$this->comp07Weights[6]=-0.63915676632747775;
$this->comp07Weights[7]=0.092055142819104541;
$this->comp07Weights[8]=-0.023985613594754249;
$this->comp07Weights[9]=-0.02176306617172856;
$this->comp07Weights[10]=0.76916620832312876;
$this->comp07Weights[11]=0.8800227750216626;
$this->comp07Weights[12]=0.20522118463905914;
$this->comp07Weights[13]=0.55784457182812863;
$this->comp07Weights[14]=-0.012533943614411439;
$this->comp07Weights[15]=-0.32863976920672433;
$this->comp07Weights[16]=0.21763809847419438;
$this->comp07Weights[17]=0.27308927618729367;
$this->comp07Weights[18]=-0.1259102445343733;
$this->comp07Weights[19]=0.53750256097948435;
$this->comp07Weights[20]=-0.035755420400063749;
$this->comp07Weights[21]=0.668470052818253;
$this->comp07Weights[22]=0.57948995434958483;
$this->comp07Weights[23]=0.70746364643468695;
$this->comp07Weights[24]=-0.51455022273399631;
$this->comp07Weights[25]=0.15930705531814321;
$this->comp07Weights[26]=-0.19915399561691857;
$this->comp07Weights[27]=-0.153374721212714;
$this->comp07Weights[28]=0.43226834239051931;
$this->comp07Weights[29]=-0.60163455596600846;
$this->comp07Weights[30]=-0.33431366774557575;
$this->comp07Weights[31]=-0.33662837003936263;
$this->comp07Weights[32]=0.12094022727261207;
$this->comp07Weights[33]=-0.0018057952116482211;
$this->comp07Weights[34]=0.13406316937680124;
$this->comp07Weights[35]=-0.72809325862056729;
$this->comp07Weights[36]=0.44474846328797413;
$this->comp07Weights[37]=0.0379462755276989;
$this->comp07Weights[38]=0.0036748116318357986;
$this->comp07Weights[39]=-0.83964201391286764;
$this->comp07Weights[40]=-0.31574075019075509;
$this->comp07Weights[41]=-0.8928908491173303;
$this->comp07Weights[42]=-0.31586759382984253;
$this->comp07Weights[43]=0.24917038517815226;
$this->comp07Weights[44]=0.31308641209535432;
$this->comp07Weights[45]=-0.60123845115164742;
$this->comp07Weights[46]=0.75531034724002499;
$this->comp07Weights[47]=-0.95801036632233227;
$this->comp07Weights[48]=-0.29904814755203918;
$this->comp07Weights[49]=-0.83487977344589792;
$this->comp07Weights[50]=0.52302281407412032;
```

\$this->comp07Weights[51]=-0.058016226785634235;
\$this->comp07Weights[52]=-0.85107420848364479;
\$this->comp07Weights[53]=0.91243738678552289;
\$this->comp07Weights[54]=0.44291764661685279;
\$this->comp07Weights[55]=-0.28653694622808507;
\$this->comp07Weights[56]=-0.02828495835522872;
\$this->comp07Weights[57]=-0.060694273176061193;
\$this->comp07Weights[58]=0.19400386841095979;
\$this->comp07Weights[59]=-0.50235397153748718;
\$this->comp07Weights[60]=0.34440441326783133;
\$this->comp07Weights[61]=0.86616295078776695;
\$this->comp07Weights[62]=-0.19019574544796586;
\$this->comp07Weights[63]=0.28019110580959028;
\$this->comp07Weights[64]=0.38242877216758425;
\$this->comp07Weights[65]=-0.85187461451891211;
\$this->comp07Weights[66]=0.57131357150278073;
\$this->comp07Weights[67]=0.86722074091202628;
\$this->comp07Weights[68]=-0.8525802417664976;
\$this->comp07Weights[69]=-0.099728446648234367;
\$this->comp07Weights[70]=-0.38773504675463638;
\$this->comp07Weights[71]=-0.36735712379578339;
\$this->comp07Weights[72]=-0.11469137110583263;
\$this->comp07Weights[73]=0.48472978215155904;
\$this->comp07Weights[74]=-0.23462573782457183;
\$this->comp07Weights[75]=-0.35980937666500773;
\$this->comp07Weights[76]=0.056402660862324469;
\$this->comp07Weights[77]=0.13094876475402586;
\$this->comp07Weights[78]=0.02029678307364282;
\$this->comp07Weights[79]=0.047415312261664275;
\$this->comp07Weights[80]=-0.04546575701580164;
\$this->comp07Weights[81]=0.035039199366430608;
\$this->comp07Weights[82]=0.90733700353903157;
\$this->comp07Weights[83]=0.2618444898079812;
\$this->comp07Weights[84]=-0.77678933555885521;
\$this->comp07Weights[85]=-0.60567195801151352;
\$this->comp07Weights[86]=-0.010097013258448948;
\$this->comp07Weights[87]=0.31485444737470325;
\$this->comp07Weights[88]=-0.62936170715434514;
\$this->comp07Weights[89]=-0.066436974974971058;
\$this->comp07Weights[90]=0.43158901246505349;
\$this->comp07Weights[91]=-0.063540959229578198;
\$this->comp07Weights[92]=-0.63248256843673234;
\$this->comp07Weights[93]=-0.9802598813328034;
\$this->comp07Weights[94]=-0.71983565727256904;
\$this->comp07Weights[95]=0.21672606441615649;
\$this->comp07Weights[96]=-0.08576209068634677;
\$this->comp07Weights[97]=0.22612168755533485;
\$this->comp07Weights[98]=0.0054916601650880073;
\$this->comp07Weights[99]=-0.037830225085630324;
\$this->comp07Weights[100]=-0.23002160247610551;
\$this->comp07Weights[101]=0.13952408921611614;
\$this->comp07Weights[102]=0.10432961043514384;

\$this->comp07Weights[103]=-0.22989763070397845;
\$this->comp07Weights[104]=0.12223616371983893;
\$this->comp07Weights[105]=-0.060878956661407697;
\$this->comp07Weights[106]=-0.40167431893166389;
\$this->comp07Weights[107]=-0.96157825191863633;
\$this->comp07Weights[108]=0.20998194233230327;
\$this->comp07Weights[109]=0.62917492734474423;
\$this->comp07Weights[110]=-0.091055600992928656;
\$this->comp07Weights[111]=0.25099063128183668;
\$this->comp07Weights[112]=0.33312393475466828;
\$this->comp07Weights[113]=-0.71828963807218815;
\$this->comp07Weights[114]=0.72180511020673588;
\$this->comp07Weights[115]=-0.047289173963237126;
\$this->comp07Weights[116]=-0.79477517539892528;
\$this->comp07Weights[117]=-0.29712866732443116;
\$this->comp07Weights[118]=0.52770966799826813;
\$this->comp07Weights[119]=-0.089769221930570089;
\$this->comp07Weights[120]=0.48510605407328755;
\$this->comp07Weights[121]=0.27354377380582034;
\$this->comp07Weights[122]=-0.054227478484272909;
\$this->comp07Weights[123]=0.11475970203174399;
\$this->comp07Weights[124]=-0.82812978850784069;
\$this->comp07Weights[125]=-1.0682493834578799;
\$this->comp07Weights[126]=-0.22293084637985716;
\$this->comp07Weights[127]=-0.15863287116329849;
\$this->comp07Weights[128]=-0.14547760533921997;
\$this->comp07Weights[129]=0.0022121006872455398;
\$this->comp07Weights[130]=-0.46249534011091126;
\$this->comp07Weights[131]=-0.26625556489989582;
\$this->comp07Weights[132]=1.1073520653867552;
\$this->comp07Weights[133]=0.097250217986258963;
\$this->comp07Weights[134]=-0.012984101090821419;
\$this->comp07Weights[135]=-0.4587241623447797;
\$this->comp07Weights[136]=-0.42862538265093586;
\$this->comp07Weights[137]=-0.33734653381289509;
\$this->comp07Weights[138]=0.79053063945597546;
\$this->comp07Weights[139]=0.68469647377861842;
\$this->comp07Weights[140]=0.79184061144730722;
\$this->comp07Weights[141]=-0.2937416255411967;
\$this->comp07Weights[142]=-0.09900490541058507;
\$this->comp07Weights[143]=0.57164625399635594;
\$this->comp07Weights[144]=-0.33638111181445474;
\$this->comp07Weights[145]=-2.7323352114124804;
\$this->comp07Weights[146]=-0.85658853629558762;
\$this->comp07Weights[147]=0.059815601403026011;
\$this->comp07Weights[148]=-2.6099893666218712;
\$this->comp07Weights[149]=-0.5451312701654033;
\$this->comp07Weights[150]=0.92598268835155528;
\$this->comp07Weights[151]=0.08541149339558772;
\$this->comp07Weights[152]=0.0015586573069233279;
\$this->comp07Weights[153]=0.012117197904731153;
\$this->comp07Weights[154]=-0.23404680060362287;

\$this->comp07Weights[155]=0.64600476927028916;
\$this->comp07Weights[156]=0.87568836780373915;
\$this->comp07Weights[157]=-1.5328624955081331;
\$this->comp07Weights[158]=-0.026101567679491351;
\$this->comp07Weights[159]=-4.2310316082613326;
\$this->comp07Weights[160]=-2.6938896782813413;
\$this->comp07Weights[161]=-1.2918657416014783;
\$this->comp07Weights[162]=0.74762183062702547;
\$this->comp07Weights[163]=5.292047650229085;
\$this->comp07Weights[164]=3.1438277692592269;
\$this->comp07Weights[165]=2.9017445176881895;
\$this->comp07Weights[166]=-2.1253542982646079;
\$this->comp07Weights[167]=1.9095003267772608;
\$this->comp07Weights[168]=2.6624757096592049;
\$this->comp07Weights[169]=0.082179261651701377;
\$this->comp07Weights[170]=0.79654330841531507;
\$this->comp07Weights[171]=-0.013612665749243082;
\$this->comp07Weights[172]=-0.7310541572343533;
\$this->comp07Weights[173]=-0.30333327480553834;
\$this->comp07Weights[174]=0.060622359640282106;
\$this->comp07Weights[175]=-0.15005347778237901;
\$this->comp07Weights[176]=-0.12246721462930833;
\$this->comp07Weights[177]=-0.0076509128434534539;
\$this->comp07Weights[178]=-0.94628035782090714;
\$this->comp07Weights[179]=0.069162145182327092;
\$this->comp07Weights[180]=0.25423315517841683;
\$this->comp07Weights[181]=-0.55919064653274131;
\$this->comp07Weights[182]=-0.0023988482150761204;
\$this->comp07Weights[183]=0.68532358388958314;
\$this->comp07Weights[184]=0.27496150700874522;
\$this->comp07Weights[185]=0.6623396499449552;
\$this->comp07Weights[186]=-0.51849400727551298;
\$this->comp07Weights[187]=-0.89671810639346772;
\$this->comp07Weights[188]=0.93589672795577694;
\$this->comp07Weights[189]=0.63251096535697504;
\$this->comp07Weights[190]=0.91292465507062692;
\$this->comp07Weights[191]=-0.2837375925072706;
\$this->comp07Weights[192]=-0.0014890263351550821;
\$this->comp07Weights[193]=-0.42302679480341204;
\$this->comp07Weights[194]=0.2478985471177044;
\$this->comp07Weights[195]=0.32700499845832504;
\$this->comp07Weights[196]=0.3528877031323312;
\$this->comp07Weights[197]=0.097280164880233125;
\$this->comp07Weights[198]=-0.45379070986505837;
\$this->comp07Weights[199]=-0.15263218494276262;
\$this->comp07Weights[200]=0.023076647091082571;
\$this->comp07Weights[201]=-0.030560635217737216;
\$this->comp07Weights[202]=-0.77827220928260099;
\$this->comp07Weights[203]=0.079783676604625042;
\$this->comp07Weights[204]=-0.064018945206813976;
\$this->comp07Weights[205]=0.94915001509781616;
\$this->comp07Weights[206]=0.079357229216497599;

\$this->comp07Weights[207]=-0.52106977681099587;
\$this->comp07Weights[208]=-0.20043889739051418;
\$this->comp07Weights[209]=0.44621455005750493;
\$this->comp07Weights[210]=-0.55181613757149583;
\$this->comp07Weights[211]=-0.21519989369503095;
\$this->comp07Weights[212]=-0.95670796145013781;
\$this->comp07Weights[213]=0.49191633212586133;
\$this->comp07Weights[214]=-0.85561194772211535;
\$this->comp07Weights[215]=-0.28654234848078225;
\$this->comp07Weights[216]=0.21702906690527546;
\$this->comp07Weights[217]=-1.8489044599038;
\$this->comp07Weights[218]=0.43174736176727058;
\$this->comp07Weights[219]=-0.038310431439522834;
\$this->comp07Weights[220]=-0.39360560324600546;
\$this->comp07Weights[221]=0.41947464895612246;
\$this->comp07Weights[222]=0.71427416319137071;
\$this->comp07Weights[223]=0.071420751867702789;
\$this->comp07Weights[224]=-0.024152320421044537;
\$this->comp07Weights[225]=0.017725388478540632;
\$this->comp07Weights[226]=1.4092509312976162;
\$this->comp07Weights[227]=1.0097372454179079;
\$this->comp07Weights[228]=-0.034449820953982968;
\$this->comp07Weights[229]=1.2638863326479695;
\$this->comp07Weights[230]=0.031042946623720882;
\$this->comp07Weights[231]=-0.034608220719730728;
\$this->comp07Weights[232]=0.47869110871370901;
\$this->comp07Weights[233]=1.0163851446198469;
\$this->comp07Weights[234]=1.1624459552289941;
\$this->comp07Weights[235]=0.55660444799124686;
\$this->comp07Weights[236]=0.029152884681281428;
\$this->comp07Weights[237]=0.068790545017568525;
\$this->comp07Weights[238]=-1.9294070058508492;
\$this->comp07Weights[239]=-1.6439406222603863;
\$this->comp07Weights[240]=1.0192222996397728;
\$this->comp07Weights[241]=0.82988451859979451;
\$this->comp07Weights[242]=-0.91584723047522532;
\$this->comp07Weights[243]=0.19448021951602182;
\$this->comp07Weights[244]=0.51409425708266787;
\$this->comp07Weights[245]=-0.65984278610784486;
\$this->comp07Weights[246]=0.055269514895350716;
\$this->comp07Weights[247]=-0.23521744345999959;
\$this->comp07Weights[248]=-0.02675256475349478;
\$this->comp07Weights[249]=-0.13423328590013592;
\$this->comp07Weights[250]=-0.3750203163262284;
\$this->comp07Weights[251]=-0.4019563927173298;
\$this->comp07Weights[252]=0.56607231489790921;
\$this->comp07Weights[253]=0.19663027315400752;
\$this->comp07Weights[254]=-0.016047374740609681;
\$this->comp07Weights[255]=0.21743758185259823;
\$this->comp07Weights[256]=-0.63975055135575509;
\$this->comp07Weights[257]=0.83033742081256379;
\$this->comp07Weights[258]=0.36420764896945768;

\$this->comp07Weights[259]=0.67841417411296623;
\$this->comp07Weights[260]=-0.25218063975185612;
\$this->comp07Weights[261]=0.20301904169294058;
\$this->comp07Weights[262]=-0.036317510342045799;
\$this->comp07Weights[263]=-0.032920054835776355;
\$this->comp07Weights[264]=0.062421014283091214;
\$this->comp07Weights[265]=-0.38680409035738106;
\$this->comp07Weights[266]=0.47493617207770117;
\$this->comp07Weights[267]=-0.067792774874795583;
\$this->comp07Weights[268]=-0.29163407369637201;
\$this->comp07Weights[269]=0.29235162443525953;
\$this->comp07Weights[270]=-0.48099303228408297;
\$this->comp07Weights[271]=-0.13446524983787961;
\$this->comp07Weights[272]=-0.19937970318062745;
\$this->comp07Weights[273]=0.090384890320335351;
\$this->comp07Weights[274]=-0.25949841382183414;
\$this->comp07Weights[275]=0.23370111322186271;
\$this->comp07Weights[276]=-0.41877727314313712;
\$this->comp07Weights[277]=0.072038066585771526;
\$this->comp07Weights[278]=-0.00026662732605871797;
\$this->comp07Weights[279]=0.59907388172173115;
\$this->comp07Weights[280]=-0.47158921665503944;
\$this->comp07Weights[281]=0.34444371613092645;
\$this->comp07Weights[282]=-0.4295437195911625;
\$this->comp07Weights[283]=-0.27702890534431274;
\$this->comp07Weights[284]=0.52486910691008759;
\$this->comp07Weights[285]=-0.64399781089531261;
\$this->comp07Weights[286]=-0.43606039308570438;
\$this->comp07Weights[287]=-0.56375624530868595;
\$this->comp07Weights[288]=0.78807317106827213;
\$this->comp07Weights[289]=0.64819447074881076;
\$this->comp07Weights[290]=0.7131830659134204;
\$this->comp07Weights[291]=0.11763447663350884;
\$this->comp07Weights[292]=0.51127310085228372;
\$this->comp07Weights[293]=-0.63197193897843074;
\$this->comp07Weights[294]=0.90308181551246769;
\$this->comp07Weights[295]=-0.2068964407270916;
\$this->comp07Weights[296]=-0.16576221033261457;
\$this->comp07Weights[297]=-0.036027337647178387;
\$this->comp07Weights[298]=0.94446773317245958;
\$this->comp07Weights[299]=0.49067950389759185;
\$this->comp07Weights[300]=-0.79242171553652296;
\$this->comp07Weights[301]=0.89957878321831442;
\$this->comp07Weights[302]=-0.075362763883585898;
\$this->comp07Weights[303]=-0.80663843962969983;
\$this->comp07Weights[304]=0.7501737378136033;
\$this->comp07Weights[305]=0.80663502065413739;
\$this->comp07Weights[306]=0.96522764840797726;
\$this->comp07Weights[307]=-0.18813905571851369;
\$this->comp07Weights[308]=-0.23255337848279473;
\$this->comp07Weights[309]=0.60654112477469813;
\$this->comp07Weights[310]=0.81854914339461937;

\$this->comp07Weights[311]=0.077325615624732835;
\$this->comp07Weights[312]=-0.68677535379212495;
\$this->comp07Weights[313]=-0.39294702794190517;
\$this->comp07Weights[314]=0.34100136953975607;
\$this->comp07Weights[315]=0.067901217017058965;
\$this->comp07Weights[316]=0.9765217505477406;
\$this->comp07Weights[317]=0.12087025979313676;
\$this->comp07Weights[318]=0.60289003101299987;
\$this->comp07Weights[319]=0.1118187538983062;
\$this->comp07Weights[320]=0.0052206142020556016;
\$this->comp07Weights[321]=-0.0042762350467386405;
\$this->comp07Weights[322]=0.34801921615750558;
\$this->comp07Weights[323]=0.92919949308257965;
\$this->comp07Weights[324]=-0.75573033623673802;
\$this->comp07Weights[325]=0.47602267601384946;
\$this->comp07Weights[326]=-0.0013542232137205017;
\$this->comp07Weights[327]=-0.67701068367310846;
\$this->comp07Weights[328]=0.73600092629081615;
\$this->comp07Weights[329]=0.27557686743947685;
\$this->comp07Weights[330]=0.4991955916855102;
\$this->comp07Weights[331]=-0.13212957150864041;
\$this->comp07Weights[332]=0.67877955878517582;
\$this->comp07Weights[333]=-0.14073277087901265;
\$this->comp07Weights[334]=-0.25631363252955724;
\$this->comp07Weights[335]=0.75607976173615776;
\$this->comp07Weights[336]=-0.50029076513021553;
\$this->comp07Weights[337]=0.012319724077041206;
\$this->comp07Weights[338]=-0.45077112944108422;
\$this->comp07Weights[339]=-0.2963855795914454;
\$this->comp07Weights[340]=0.56213677413851371;
\$this->comp07Weights[341]=0.58099381454691168;
\$this->comp07Weights[342]=0.019542836958112687;
\$this->comp07Weights[343]=-0.11745414368058857;
\$this->comp07Weights[344]=-0.075900853961761022;
\$this->comp07Weights[345]=-0.039846486253277642;
\$this->comp07Weights[346]=-0.59482756086322175;
\$this->comp07Weights[347]=0.032598546601553105;
\$this->comp07Weights[348]=0.62501208494374216;
\$this->comp07Weights[349]=0.4585352320846558;
\$this->comp07Weights[350]=-0.00647473656724863;
\$this->comp07Weights[351]=-0.019254487051185407;
\$this->comp07Weights[352]=0.2821485633256407;
\$this->comp07Weights[353]=-0.95457513782905079;
\$this->comp07Weights[354]=-0.023835307409789886;
\$this->comp07Weights[355]=-0.38251658725421689;
\$this->comp07Weights[356]=0.67650102992404382;
\$this->comp07Weights[357]=-0.31097894831502443;
\$this->comp07Weights[358]=0.50756936784371065;
\$this->comp07Weights[359]=0.49148376473916244;
\$this->comp07Weights[360]=0.14368741061969875;
\$this->comp07Weights[361]=0.2585096629163039;
\$this->comp07Weights[362]=0.80571963156256377;

\$this->comp07Weights[363]=-0.24089384918065859;
\$this->comp07Weights[364]=-0.84571107733440876;
\$this->comp07Weights[365]=0.4076446180842862;
\$this->comp07Weights[366]=-0.58300638514065017;
\$this->comp07Weights[367]=0.11422241788210241;
\$this->comp07Weights[368]=0.04140412196260243;
\$this->comp07Weights[369]=0.16364975504621526;
\$this->comp07Weights[370]=0.039375688009185124;
\$this->comp07Weights[371]=0.52929288231181226;
\$this->comp07Weights[372]=-0.92755906758823337;
\$this->comp07Weights[373]=0.94283118523651688;
\$this->comp07Weights[374]=0.13761118221372959;
\$this->comp07Weights[375]=0.34110769153524551;
\$this->comp07Weights[376]=-0.65542099697437006;
\$this->comp07Weights[377]=-0.072508300766842004;
\$this->comp07Weights[378]=-0.79829057324917474;
\$this->comp07Weights[379]=0.12786257394890138;
\$this->comp07Weights[380]=-0.023452172047884443;
\$this->comp07Weights[381]=0.25637800842301706;
\$this->comp07Weights[382]=0.12689374959626348;
\$this->comp07Weights[383]=0.82181635829799915;
\$this->comp07Weights[384]=0.02143368305171648;
\$this->comp07Weights[385]=-0.079452460118331847;
\$this->comp07Weights[386]=0.59378889015114333;
\$this->comp07Weights[387]=-0.15043308769066061;
\$this->comp07Weights[388]=-0.35145972379074875;
\$this->comp07Weights[389]=-0.1645510036039611;
\$this->comp07Weights[390]=-0.78920403954142859;
\$this->comp07Weights[391]=0.13008522631624239;
\$this->comp07Weights[392]=0.042504298028114736;
\$this->comp07Weights[393]=0.07684305830514665;
\$this->comp07Weights[394]=-0.90934543918390465;
\$this->comp07Weights[395]=-0.57632484906361237;
\$this->comp07Weights[396]=0.69867496136167639;
\$this->comp07Weights[397]=-0.60047925000815894;
\$this->comp07Weights[398]=0.058704842386916756;
\$this->comp07Weights[399]=-0.076796305068273243;
\$this->comp07Weights[400]=0.34623221915631552;
\$this->comp07Weights[401]=-0.026936671696284008;
\$this->comp07Weights[402]=-0.97544954969769648;
\$this->comp07Weights[403]=-0.60042660208984944;
\$this->comp07Weights[404]=0.88812769706476313;
\$this->comp07Weights[405]=-0.18578532892731753;
\$this->comp07Weights[406]=0.81544159030950514;
\$this->comp07Weights[407]=-0.38301948592481849;
\$this->comp07Weights[408]=-0.08903387706600327;
\$this->comp07Weights[409]=-0.59716874159114175;
\$this->comp07Weights[410]=-0.24739309322584285;
\$this->comp07Weights[411]=-0.068790819168187953;
\$this->comp07Weights[412]=-0.72975613098348879;
\$this->comp07Weights[413]=-0.15353463649943691;
\$this->comp07Weights[414]=0.78884808113188032;

\$this->comp07Weights[415]=-0.4304761423124529;
\$this->comp07Weights[416]=0.18967240993076256;
\$this->comp07Weights[417]=-0.096241973468537481;
\$this->comp07Weights[418]=0.76684098867470041;
\$this->comp07Weights[419]=-0.90796552965562793;
\$this->comp07Weights[420]=0.029199914495104687;
\$this->comp07Weights[421]=-0.10779998289499128;
\$this->comp07Weights[422]=0.003232939719658471;
\$this->comp07Weights[423]=0.36066335470386751;
\$this->comp07Weights[424]=-0.32815554552824083;
\$this->comp07Weights[425]=-0.98178786010174934;
\$this->comp07Weights[426]=0.096485624463813119;
\$this->comp07Weights[427]=0.66517585472322993;
\$this->comp07Weights[428]=-0.57820936424744807;
\$this->comp07Weights[429]=0.85715859684806917;
\$this->comp07Weights[430]=0.12417613551864676;
\$this->comp07Weights[431]=0.80737674305889262;
\$this->comp07Weights[432]=-0.90783410522930397;
\$this->comp07Weights[433]=0.087704789159872426;
\$this->comp07Weights[434]=-0.16837451329529962;
\$this->comp07Weights[435]=-0.29209358469577595;
\$this->comp07Weights[436]=-0.5004070477234579;
\$this->comp07Weights[437]=-0.5576714870164956;
\$this->comp07Weights[438]=0.12424526112227138;
\$this->comp07Weights[439]=0.051110258014066587;
\$this->comp07Weights[440]=0.045115586483403358;
\$this->comp07Weights[441]=-0.17326479193055686;
\$this->comp07Weights[442]=-0.090860511980962524;
\$this->comp07Weights[443]=-0.90132275795845951;
\$this->comp07Weights[444]=-0.16277805166200285;
\$this->comp07Weights[445]=0.40599114996777591;
\$this->comp07Weights[446]=-0.0012912476199133025;
\$this->comp07Weights[447]=-0.20741695833308413;
\$this->comp07Weights[448]=-0.19002500973412834;
\$this->comp07Weights[449]=0.48243482185914199;
\$this->comp07Weights[450]=0.52323515669817766;
\$this->comp07Weights[451]=-0.15179237947034305;
\$this->comp07Weights[452]=-0.83825898121301945;
\$this->comp07Weights[453]=-0.05082682369062759;
\$this->comp07Weights[454]=0.24125597613168759;
\$this->comp07Weights[455]=0.69532326136592859;
\$this->comp07Weights[456]=0.23250436337088981;
\$this->comp07Weights[457]=0.10139710976657602;
\$this->comp07Weights[458]=0.52662016386794952;
\$this->comp07Weights[459]=-0.21174199601014898;
\$this->comp07Weights[460]=0.41237051163064403;
\$this->comp07Weights[461]=0.74735322362871781;
\$this->comp07Weights[462]=-0.85230345180594613;
\$this->comp07Weights[463]=0.16012638255410333;
\$this->comp07Weights[464]=-0.042975710307102309;
\$this->comp07Weights[465]=-0.063684316704496091;
\$this->comp07Weights[466]=-0.94491797038573533;

\$this->comp07Weights[467]=-0.60263571322282694;
\$this->comp07Weights[468]=0.89389853327942481;
\$this->comp07Weights[469]=0.78910706571473421;
\$this->comp07Weights[470]=-0.0097546049808501095;
\$this->comp07Weights[471]=0.19359309243502207;
\$this->comp07Weights[472]=0.0088415912944848716;
\$this->comp07Weights[473]=0.8629373761520287;
\$this->comp07Weights[474]=-0.9335731048123026;
\$this->comp07Weights[475]=0.72750524378598314;
\$this->comp07Weights[476]=-0.27133228664979492;
\$this->comp07Weights[477]=-0.098440448403926017;
\$this->comp07Weights[478]=-0.12178558997507513;
\$this->comp07Weights[479]=-0.69870637675022562;
\$this->comp07Weights[480]=0.091395931008609016;
\$this->comp07Weights[481]=0.03384202474521511;
\$this->comp07Weights[482]=-0.47022909342576602;
\$this->comp07Weights[483]=-0.24924303900325603;
\$this->comp07Weights[484]=-0.15383983773072291;
\$this->comp07Weights[485]=0.59218022071812193;
\$this->comp07Weights[486]=-0.92229288661907594;
\$this->comp07Weights[487]=-0.35365718148415554;
\$this->comp07Weights[488]=0.0023126102351967307;
\$this->comp07Weights[489]=0.0072702675058715057;
\$this->comp07Weights[490]=-0.6950728370497038;
\$this->comp07Weights[491]=0.98105654385599883;
\$this->comp07Weights[492]=-0.97252453638256964;
\$this->comp07Weights[493]=0.58656388586430641;
\$this->comp07Weights[494]=-0.0034170261407272294;
\$this->comp07Weights[495]=0.58696033373695766;
\$this->comp07Weights[496]=-0.63463808333811988;
\$this->comp07Weights[497]=-0.24571775014968267;
\$this->comp07Weights[498]=0.91473035946739822;
\$this->comp07Weights[499]=0.18838767927017933;
\$this->comp07Weights[500]=0.42263035439131014;
\$this->comp07Weights[501]=-0.96002564384964484;
\$this->comp07Weights[502]=0.31038146811464268;
\$this->comp07Weights[503]=0.8013234136302344;
\$this->comp07Weights[504]=-0.69842490114497846;
\$this->comp07Weights[505]=0.2872841522484616;
\$this->comp07Weights[506]=0.71141911515751777;
\$this->comp07Weights[507]=0.25884094190286772;
\$this->comp07Weights[508]=-0.46394649694593826;
\$this->comp07Weights[509]=-0.29828712514279865;
\$this->comp07Weights[510]=-0.1706378236172417;
\$this->comp07Weights[511]=-0.028370329671624877;
\$this->comp07Weights[512]=-0.046082966751889824;
\$this->comp07Weights[513]=-0.077938538784185593;
\$this->comp07Weights[514]=0.20671054960565152;
\$this->comp07Weights[515]=0.69971849725637303;
\$this->comp07Weights[516]=-0.95859761003130894;
\$this->comp07Weights[517]=-0.47336850223458704;
\$this->comp07Weights[518]=0.05391900535741969;

\$this->comp07Weights[519]=0.70690786747152867;
\$this->comp07Weights[520]=0.88923211215721187;
\$this->comp07Weights[521]=-0.13338986424635343;
\$this->comp07Weights[522]=0.22885126786391646;
\$this->comp07Weights[523]=0.21749804100396095;
\$this->comp07Weights[524]=-0.87703774937338552;
\$this->comp07Weights[525]=-0.037080973403273432;
\$this->comp07Weights[526]=-0.73264012106869791;
\$this->comp07Weights[527]=0.47806635790729912;
\$this->comp07Weights[528]=-0.24918786566606288;
\$this->comp07Weights[529]=0.35154586677221478;
\$this->comp07Weights[530]=-0.59436697310202768;
\$this->comp07Weights[531]=0.17051341262897252;
\$this->comp07Weights[532]=-0.67329551414386657;
\$this->comp07Weights[533]=-1.0073156976057787;
\$this->comp07Weights[534]=-0.69223945370931805;
\$this->comp07Weights[535]=-0.11138175766448399;
\$this->comp07Weights[536]=-0.060412099281788006;
\$this->comp07Weights[537]=-0.10579495669004052;
\$this->comp07Weights[538]=-0.83371398095915428;
\$this->comp07Weights[539]=-0.17559226352847501;
\$this->comp07Weights[540]=-1.4547837787589766;
\$this->comp07Weights[541]=0.21192730046901895;
\$this->comp07Weights[542]=0.032358244740003275;
\$this->comp07Weights[543]=0.45748108959270933;
\$this->comp07Weights[544]=0.87352638932895221;
\$this->comp07Weights[545]=0.64847334412530921;
\$this->comp07Weights[546]=0.21245454405854219;
\$this->comp07Weights[547]=0.97145957007239947;
\$this->comp07Weights[548]=0.60835414149631517;
\$this->comp07Weights[549]=-0.057266606376793969;
\$this->comp07Weights[550]=0.66293401488465609;
\$this->comp07Weights[551]=-1.5868102580543098;
\$this->comp07Weights[552]=0.68305862727012456;
\$this->comp07Weights[553]=-0.66630026111959961;
\$this->comp07Weights[554]=-1.4423200438908279;
\$this->comp07Weights[555]=-0.11728307723716092;
\$this->comp07Weights[556]=-0.83432825813763445;
\$this->comp07Weights[557]=0.50698963135958652;
\$this->comp07Weights[558]=0.77058242971421109;
\$this->comp07Weights[559]=0.05275254687660285;
\$this->comp07Weights[560]=0.077229717650782806;
\$this->comp07Weights[561]=0.03542300641608833;
\$this->comp07Weights[562]=2.3108228946367513;
\$this->comp07Weights[563]=-2.4584136295150452;
\$this->comp07Weights[564]=1.7374519523507681;
\$this->comp07Weights[565]=-1.0366950488976781;
\$this->comp07Weights[566]=0.02779607767014166;
\$this->comp07Weights[567]=2.4610922130181905;
\$this->comp07Weights[568]=-0.088263363844226006;
\$this->comp07Weights[569]=-2.463289722751226;
\$this->comp07Weights[570]=-5.8206635031486185;

\$this->comp07Weights[571]=3.8621035752709831;
\$this->comp07Weights[572]=1.0443113883322097;
\$this->comp07Weights[573]=-0.46494609782314145;
\$this->comp07Weights[574]=-0.1313831598709467;
\$this->comp07Weights[575]=-1.4829876270459121;
\$this->comp07Weights[576]=0.89435723392379896;
\$this->comp07Weights[577]=-0.79717900966961419;
\$this->comp07Weights[578]=-1.4112607858938626;
\$this->comp07Weights[579]=-0.0004719523537596072;
\$this->comp07Weights[580]=-1.4222566699515944;
\$this->comp07Weights[581]=0.80152048918588503;
\$this->comp07Weights[582]=1.4954809459859506;
\$this->comp07Weights[583]=0.43253514253291891;
\$this->comp07Weights[584]=-0.23684811801689803;
\$this->comp07Weights[585]=-0.010823527439185805;
\$this->comp07Weights[586]=-0.11980474835048315;
\$this->comp07Weights[587]=-0.073010209574873627;
\$this->comp07Weights[588]=-0.40842236542100468;
\$this->comp07Weights[589]=0.99272171906960738;
\$this->comp07Weights[590]=-0.039428404546043447;
\$this->comp07Weights[591]=2.112743653277394;
\$this->comp07Weights[592]=-0.10685378117449003;
\$this->comp07Weights[593]=-1.1567240014267932;
\$this->comp07Weights[594]=1.097694538214296;
\$this->comp07Weights[595]=2.2620786416679493;
\$this->comp07Weights[596]=-0.50448004773953437;
\$this->comp07Weights[597]=2.8391263162094531;
\$this->comp07Weights[598]=1.8705903092715481;
\$this->comp07Weights[599]=0.73054966455935044;
\$this->comp07Weights[600]=-1.6461193539661396;
\$this->comp07Weights[601]=0.11411549988132066;
\$this->comp07Weights[602]=0.54882492514098036;
\$this->comp07Weights[603]=0.013979112192050315;
\$this->comp07Weights[604]=0.80931254835070476;
\$this->comp07Weights[605]=-0.21952661975866719;
\$this->comp07Weights[606]=-0.010321154503879069;
\$this->comp07Weights[607]=0.030856769809578802;
\$this->comp07Weights[608]=0.083959134643872141;
\$this->comp07Weights[609]=0.13546591551941725;
\$this->comp07Weights[610]=0.95129585735045386;
\$this->comp07Weights[611]=0.17939625284861549;
\$this->comp07Weights[612]=0.94196827817839834;
\$this->comp07Weights[613]=-0.63138487074515781;
\$this->comp07Weights[614]=-0.0024200643017310559;
\$this->comp07Weights[615]=0.1235804213708812;
\$this->comp07Weights[616]=-0.73389655007966892;
\$this->comp07Weights[617]=-0.28249081252735903;
\$this->comp07Weights[618]=0.35550788526349786;
\$this->comp07Weights[619]=0.025474367520328067;
\$this->comp07Weights[620]=-0.88703123207338985;
\$this->comp07Weights[621]=0.28703096686669183;
\$this->comp07Weights[622]=0.60465701072778499;

\$this->comp07Weights[623]=0.0027123003572845773;
\$this->comp07Weights[624]=-0.92438323636856656;
\$this->comp07Weights[625]=-0.69912307777271077;
\$this->comp07Weights[626]=-0.77193681828009042;
\$this->comp07Weights[627]=-0.32703134692181929;
\$this->comp07Weights[628]=-0.44258639501088853;
\$this->comp07Weights[629]=0.52453045095051976;
\$this->comp07Weights[630]=0.46319201570514851;
\$this->comp07Weights[631]=-0.033672633749026716;
\$this->comp07Weights[632]=-0.041321278441550063;
\$this->comp07Weights[633]=-0.038363745241892407;
\$this->comp07Weights[634]=0.57361427349942129;
\$this->comp07Weights[635]=0.096951659482237648;
\$this->comp07Weights[636]=0.32995524054502434;
\$this->comp07Weights[637]=0.61916601644743308;
\$this->comp07Weights[638]=-0.0017641682879398484;
\$this->comp07Weights[639]=0.015230883039204793;
\$this->comp07Weights[640]=-0.099889290141819631;
\$this->comp07Weights[641]=-0.0038754313702719107;
\$this->comp07Weights[642]=0.37841000442109457;
\$this->comp07Weights[643]=0.36485232855740302;
\$this->comp07Weights[644]=0.29903469047428716;
\$this->comp07Weights[645]=0.4378188985153022;
\$this->comp07Weights[646]=0.67847469811329686;
\$this->comp07Weights[647]=-0.95431448825158471;
\$this->comp07Weights[648]=-0.92618178856115163;
\$this->comp07Weights[649]=-0.070577609463992733;
\$this->comp07Weights[650]=1.4881164331974124;
\$this->comp07Weights[651]=0.075349966612958313;
\$this->comp07Weights[652]=1.4367223551074251;
\$this->comp07Weights[653]=-0.63482198241597221;
\$this->comp07Weights[654]=-1.5716118866107378;
\$this->comp07Weights[655]=0.018258932071217017;
\$this->comp07Weights[656]=-0.044239096956161579;
\$this->comp07Weights[657]=-0.16261763982680896;
\$this->comp07Weights[658]=0.086054167277585761;
\$this->comp07Weights[659]=0.73525273975926209;
\$this->comp07Weights[660]=-0.13250228837655115;
\$this->comp07Weights[661]=-1.0175821479490186;
\$this->comp07Weights[662]=-0.035961004476340867;
\$this->comp07Weights[663]=-0.31752555734693805;
\$this->comp07Weights[664]=-0.055813637385324043;
\$this->comp07Weights[665]=-0.45860610142996644;
\$this->comp07Weights[666]=-0.26148504790086702;
\$this->comp07Weights[667]=0.043795030844772397;
\$this->comp07Weights[668]=0.065068878090854265;
\$this->comp07Weights[669]=-0.50073034034351815;
\$this->comp07Weights[670]=0.3395624958645771;
\$this->comp07Weights[671]=-0.39124675518115237;
\$this->comp07Weights[672]=-0.12379666879008409;
\$this->comp07Weights[673]=0.72252575554253695;
\$this->comp07Weights[674]=-0.78488818118356973;

\$this->comp07Weights[675]=-0.19640057284400206;
\$this->comp07Weights[676]=-0.39008232375239482;
\$this->comp07Weights[677]=0.36408531301850489;
\$this->comp07Weights[678]=0.27350923494037965;
\$this->comp07Weights[679]=-0.25216307868429816;
\$this->comp07Weights[680]=0.028950499923108441;
\$this->comp07Weights[681]=-0.0034997386278411238;
\$this->comp07Weights[682]=0.01145379933620762;
\$this->comp07Weights[683]=-0.65433013894831338;
\$this->comp07Weights[684]=0.52948918535530365;
\$this->comp07Weights[685]=-0.83656142464318228;
\$this->comp07Weights[686]=0.0029609888754636412;
\$this->comp07Weights[687]=-0.55965699656582912;
\$this->comp07Weights[688]=-0.52823801323808428;
\$this->comp07Weights[689]=-0.55234051902614545;
\$this->comp07Weights[690]=0.41596212890584378;
\$this->comp07Weights[691]=0.19623819272421417;
\$this->comp07Weights[692]=-0.092710531829181056;
\$this->comp07Weights[693]=-0.88165484800973681;
\$this->comp07Weights[694]=-0.54632094005408305;
\$this->comp07Weights[695]=0.53115012456089117;
\$this->comp07Weights[696]=-0.79320645516629706;
\$this->comp07Weights[697]=-0.15734057523989897;
\$this->comp07Weights[698]=0.59985047390747892;
\$this->comp07Weights[699]=-0.15605037963143148;
\$this->comp07Weights[700]=0.56219780423813726;
\$this->comp07Weights[701]=-0.3164711786787871;
\$this->comp07Weights[702]=-0.9024571752697671;
\$this->comp07Weights[703]=-0.24850434218215833;
\$this->comp07Weights[704]=-0.026760561628559103;
\$this->comp07Weights[705]=-0.054412316078230688;
\$this->comp07Weights[706]=-0.44117415943084537;
\$this->comp07Weights[707]=0.3963223302095838;
\$this->comp07Weights[708]=-0.83219891985489114;
\$this->comp07Weights[709]=0.38166964531455311;
\$this->comp07Weights[710]=0.0012408415494702888;
\$this->comp07Weights[711]=-0.84528886971607864;
\$this->comp07Weights[712]=0.25279855064089002;
\$this->comp07Weights[713]=0.631410233361414;
\$this->comp07Weights[714]=-0.11748334432498321;
\$this->comp07Weights[715]=0.3506221390382826;
\$this->comp07Weights[716]=0.96145186659195037;
\$this->comp07Weights[717]=0.70316736478648867;
\$this->comp07Weights[718]=0.67632268007028984;
\$this->comp07Weights[719]=0.37667040356572978;
\$this->comp07Weights[720]=-0.6641341227019889;
\$this->comp07Weights[721]=-0.26927997797370318;
\$this->comp07Weights[722]=-0.047190184292305953;
\$this->comp07Weights[723]=-0.0076764740026536125;
\$this->comp07Weights[724]=0.78346969841209446;
\$this->comp07Weights[725]=-0.78594918462249674;
\$this->comp07Weights[726]=-0.18694425443369758;

\$this->comp07Weights[727]=0.41981926090031385;
\$this->comp07Weights[728]=0.078985036621499916;
\$this->comp07Weights[729]=-0.0081733401369838022;
\$this->comp07Weights[730]=-0.34165092661720248;
\$this->comp07Weights[731]=-0.51261144458633179;
\$this->comp07Weights[732]=0.26424989232144369;
\$this->comp07Weights[733]=-0.46751455800558178;
\$this->comp07Weights[734]=-0.0034710343470288159;
\$this->comp07Weights[735]=-0.3289633918878524;
\$this->comp07Weights[736]=-0.064453873796874825;
\$this->comp07Weights[737]=0.18755752608172971;
\$this->comp07Weights[738]=0.3226550177070594;
\$this->comp07Weights[739]=-0.016694709598673613;
\$this->comp07Weights[740]=-0.035673684187627626;
\$this->comp07Weights[741]=0.6934863804281538;
\$this->comp07Weights[742]=-0.88552017538062655;
\$this->comp07Weights[743]=0.26337842039183673;
\$this->comp07Weights[744]=0.18442995428903619;
\$this->comp07Weights[745]=-0.14308795030121105;
\$this->comp07Weights[746]=0.6351487386833583;
\$this->comp07Weights[747]=0.023419209710651312;
\$this->comp07Weights[748]=-0.70799419199449587;
\$this->comp07Weights[749]=0.14866158314968111;
\$this->comp07Weights[750]=-0.66465557063578073;
\$this->comp07Weights[751]=0.067188291385127288;
\$this->comp07Weights[752]=0.08102887901339996;
\$this->comp07Weights[753]=-0.11742672887858487;
\$this->comp07Weights[754]=0.58938750918072624;
\$this->comp07Weights[755]=-0.74419583278257717;
\$this->comp07Weights[756]=-0.354046857158057;
\$this->comp07Weights[757]=0.092384044448734548;
\$this->comp07Weights[758]=-0.10867527825677337;
\$this->comp07Weights[759]=-0.79069134144937969;
\$this->comp07Weights[760]=-0.41718208553631231;
\$this->comp07Weights[761]=-0.96145375834030522;
\$this->comp07Weights[762]=0.9637653632241826;
\$this->comp07Weights[763]=0.26732165762605575;
\$this->comp07Weights[764]=-0.16796049235421406;
\$this->comp07Weights[765]=0.60489628967659814;
\$this->comp07Weights[766]=-0.047107494832111234;
\$this->comp07Weights[767]=-0.563885318730866;
\$this->comp07Weights[768]=-0.23260831094397283;
\$this->comp07Weights[769]=-0.45181385454894968;
\$this->comp07Weights[770]=0.24401940305338571;
\$this->comp07Weights[771]=0.13321163196570962;
\$this->comp07Weights[772]=0.511958250633053;
\$this->comp07Weights[773]=-0.27713472811224316;
\$this->comp07Weights[774]=0.60582099438455028;
\$this->comp07Weights[775]=0.15424220143836689;
\$this->comp07Weights[776]=-0.076030993658489851;
\$this->comp07Weights[777]=0.0074840717112869852;
\$this->comp07Weights[778]=0.034305482336537921;

\$this->comp07Weights[779]=-0.78867908678712417;
\$this->comp07Weights[780]=-0.35936044715633164;
\$this->comp07Weights[781]=-0.93818518644857274;
\$this->comp07Weights[782]=0.041606105495523314;
\$this->comp07Weights[783]=-0.11737658457765879;
\$this->comp07Weights[784]=-0.42910443755640754;
\$this->comp07Weights[785]=-0.63483802362659181;
\$this->comp07Weights[786]=0.73356579719540871;
\$this->comp07Weights[787]=-0.58374588277056705;
\$this->comp07Weights[788]=-0.84496787035439713;
\$this->comp07Weights[789]=0.88278612217194441;
\$this->comp07Weights[790]=0.056269172687047175;
\$this->comp07Weights[791]=0.39529701984794074;
\$this->comp07Weights[792]=-0.82909259333360896;
\$this->comp07Weights[793]=0.89364884378396603;
\$this->comp07Weights[794]=0.94479857233108833;
\$this->comp07Weights[795]=0.084652279715458412;
\$this->comp07Weights[796]=-0.20907435500189708;
\$this->comp07Weights[797]=-0.82426661891719111;
\$this->comp07Weights[798]=0.56786248552706975;
\$this->comp07Weights[799]=-0.12041505655293054;
\$this->comp07Weights[800]=-0.10394278679118853;
\$this->comp07Weights[801]=-0.078909329833825079;
\$this->comp07Weights[802]=-0.35486860699032802;
\$this->comp07Weights[803]=0.48885473347643027;
\$this->comp07Weights[804]=0.033163991651990729;
\$this->comp07Weights[805]=0.94995843495123844;
\$this->comp07Weights[806]=-0.018988145682722963;
\$this->comp07Weights[807]=-0.88997884841728925;
\$this->comp07Weights[808]=0.76827759667906215;
\$this->comp07Weights[809]=0.73524448193990799;
\$this->comp07Weights[810]=-0.58121404785512853;
\$this->comp07Weights[811]=-0.53018373827456722;
\$this->comp07Weights[812]=-0.13673730416549523;
\$this->comp07Weights[813]=-0.66546061949183666;
\$this->comp07Weights[814]=-0.55247759446341604;
\$this->comp07Weights[815]=-0.69095440612980097;
\$this->comp07Weights[816]=-0.18889842140967003;
\$this->comp07Weights[817]=-0.28796042524268584;
\$this->comp07Weights[818]=-0.35567694471935696;
\$this->comp07Weights[819]=-0.49648804381698275;
\$this->comp07Weights[820]=0.59694948108779611;
\$this->comp07Weights[821]=-0.7625868976221597;
\$this->comp07Weights[822]=0.88905212555860313;
\$this->comp07Weights[823]=-3.183448718837933;
\$this->comp07Weights[824]=-0.84804196059876324;
\$this->comp07Weights[825]=-0.41727239885357154;
\$this->comp07Weights[826]=-2.4959293689902924;
\$this->comp07Weights[827]=-0.57577291003077558;
\$this->comp07Weights[828]=-0.7273421886031316;
\$this->comp07Weights[829]=0.51046458210578449;
\$this->comp07Weights[830]=0.74661046654860685;

```

$this->comp07Weights[831]=-0.42803950520187217;
$this->comp07Weights[832]=0.51322364431951117;
$this->comp07Weights[833]=-0.60711972584090568;
$this->comp07Weights[834]=0.49248290347876966;
$this->comp07Weights[835]=-0.78033263248509865;
$this->comp07Weights[836]=-0.83191067550166498;
$this->comp07Weights[837]=0.84668738343637984;
$this->comp07Weights[838]=-0.52243726872955476;
$this->comp07Weights[839]=1.3355514299140903;
$this->comp07Weights[840]=5.1190380291793955;
$this->comp07Weights[841]=2.3987302338055683;
$this->comp07Weights[842]=0.60780273443332244;
$this->comp07Weights[843]=-0.52639701606092204;
$this->comp07Weights[844]=0.26641055367485234;
$this->comp07Weights[845]=0.92700352571686551;
$this->comp07Weights[846]=-0.39859648691929989;
$this->comp07Weights[847]=0.2878281377956568;
$this->comp07Weights[848]=0.92035538776000325;
$this->comp07Weights[849]=-0.76254272232281661;
$this->comp07Weights[850]=1.0264765345231337;

}
Public function comp07Run( $inputs){
$comp07Acts=array(59);
If ( $inputs[0+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[0+1] = 0.68656716417910424;
} Else {
$comp07Acts[0+1] = $inputs[0+1] * 0.032258064516129031 + -11.612903225806452;
}
If ( $inputs[1+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[1+1] = 0.73134328358208833;
} Else {
$comp07Acts[1+1] = $inputs[1+1] * 0.5 + -25.5;
}
If ( $inputs[2+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[2+1] = 42;
} Else {
$comp07Acts[2+1] = $inputs[2+1];
}
If ( $inputs[3+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[3+1] = 0.68656716417910513;
} Else {
$comp07Acts[3+1] = $inputs[3+1] * 0.01 + -6.5;
}
If ( $inputs[4+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[4+1] = 0.26865671641791078;
} Else {
$comp07Acts[4+1] = $inputs[4+1] * 1 + -7;
}
If ( $inputs[5+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[5+1] = 0.26865671641791078;
} Else {

```

```

$comp07Acts[5+1] = $inputs[5+1] * 1 + -4;
}
If ( $inputs[6+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[6+1] = 37.5;
} Else {
$comp07Acts[6+1] = $inputs[6+1];
}
If ( $inputs[7+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[7+1] = 49.5;
} Else {
$comp07Acts[7+1] = $inputs[7+1];
}
If ( $inputs[8+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[8+1] = 52.5;
} Else {
$comp07Acts[8+1] = $inputs[8+1];
}
If ( $inputs[9+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[9+1] = 0.41791044776118902;
} Else {
$comp07Acts[9+1] = $inputs[9+1] * 12.500000000000023 + -13.500000000000027;
}
If ( $inputs[10+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[10+1] = 0.63544522286525051;
} Else {
$comp07Acts[10+1] = $inputs[10+1] * 0.017006802721088381 + -18.743367346938715;
}
If ( $inputs[11+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[11+1] = 0.20895522388059362;
} Else {
$comp07Acts[11+1] = $inputs[11+1] * 0.0040000000000000001 + -66;
}
If ( $inputs[12+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[12+1] = 0.73134328358209189;
} Else {
$comp07Acts[12+1] = $inputs[12+1] * 1 + -105;
}
If ( $inputs[13+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[13+1] = 100;
} Else {
$comp07Acts[13+1] = $inputs[13+1];
}
If ( $inputs[14+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[14+1] = 0.49965289829920323;
} Else {
$comp07Acts[14+1] = $inputs[14+1] * 0.38759689922480617 + -4.6279069767441854;
}
If ( $inputs[15+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[15+1] = 0.50049751243781238;
} Else {
$comp07Acts[15+1] = $inputs[15+1] * 0.30303030303030315 + -4.6030303030303044;
}
}

```

```

If ( $inputs[16+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[16+1] = 0.23336022589753938;
} Else {
$comp07Acts[16+1] = $inputs[16+1] * 0.013513513513513514 + -0.14864864864864866;
}
If ( $inputs[17+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[17+1] = 0.49226309397892426;
} Else {
$comp07Acts[17+1] = $inputs[17+1] * 0.0026246719160104987 + -0.29133858267716534;
}
If ( $inputs[18+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[18+1] = 0.47814498933901917;
} Else {
$comp07Acts[18+1] = $inputs[18+1] * 0.004464285714285714 + -0.7232142857142857;
}
If ( $inputs[19+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[19+1] = 0.57542643923240977;
} Else {
$comp07Acts[19+1] = $inputs[19+1] * 0.35714285714285715 + -1.8285714285714287;
}
If ( $inputs[20+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[20+1] = 0.56570804514015283;
} Else {
$comp07Acts[20+1] = $inputs[20+1] * 2.4390243902439028 + -3.3902439024390252;
}
If ( $inputs[21+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[21+1] = 0.35781320669380356;
} Else {
$comp07Acts[21+1] = $inputs[21+1] * 0.37878787878787873 + -5.1401515151515138;
}
If ( $inputs[22+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[22+1] = 0.44840700344431683;
} Else {
$comp07Acts[22+1] = $inputs[22+1] * 0.48076923076923073 + -2.2403846153846154;
}
If ( $inputs[23+1] = -9999 ) {
$comp07Acts[23+1] = 0.62686567164179063;
} Else {
$comp07Acts[23+1] = $inputs[23+1] * 0.25 + -6.5;
}
For ($u=1;$u<35;$u++){
$comp07Acts[24+$u] = 0.0;
For ($i=1;$i<25;$i++){
$comp07Acts[24+$u] = $comp07Acts[24+$u] + $comp07Weights[$w] * $comp07Acts[0+$i];
$w++;
}
$comp07Acts[24+$u] = $comp07Acts[24+$u] - $comp07Thresholds[$t];
$t++;
If ($comp07Acts[24+$u] > 100.0 ) {
$comp07Acts[24+$u] = 1.0;
} ElseIf ( $comp07Acts[24+$u] < -100.0 ) {
$comp07Acts[24+$u] = -1.0;
}
}

```

```

} Else {
$e1 = Exp( $comp07Acts[24+$u] );
$e2 = Exp( -$comp07Acts[24+$u] );
$comp07Acts[24+$u] = ( $e1 - $e2 ) / ( $e1 + $e2 );
}
}
For ($u=1;$u<2;$u++){
$comp07Acts[58+$u] = 0.0;
For ($i=1;$i<35;$i++){
$comp07Acts[58+$u] = $comp07Acts[58+$u] + $comp07Weights[$w] * $comp07Acts[24+$i];
$w++;
}
$comp07Acts[58+$u] = $comp07Acts[58+$u] - $comp07Thresholds[$t];
$t++;
If ($comp07Acts[58+$u] > 100.0 ) {
$comp07Acts[58+$u] = 1.0;
} ElseIf ( $comp07Acts[58+$u] < -100.0 ) {
$comp07Acts[58+$u] = 0.0;
} Else {
$comp07Acts[58+$u] = 1.0 / ( 1.0 + Exp( - $comp07Acts[58+$u] ) );
}
}
$outputs[1] = ( $comp07Acts[59] - -19.72661773227729 ) / 0.69538342669499409;
return $outputs[1];
}
}
?>

```

Apêndice VI – Manual do ANNINCS

Este apêndice constitui o manual do utilizador do ANNINCS - *Artificial Neutral Networks In Control Spining*. O objectivo deste não é somente complementar o protótipo mas também para dar ao utilizador uma descrição da interface existente bem como o modo de o utilizar.

O código foi implementado na linguagem PHP, um acrónimo recursivo para PHP: *Hypertext Preprocessor*, é uma linguagem de *script open source* de uso geral .

1. Requisitos de funcionamento

Para utilizar ter acesso ao ANNINCS, o computador deverá ter acesso ao aplicativo de navegação assim como uma conexão com a rede de internet informando o endereço: <http://www.dep.uem.br/anninacs>.

2. Generalidades da interface com o utilizador

Ao digitar o endereço <http://www.dep.uem.br/anninacs> utilizando um navegador de internet, será exibido o formulário de “Opções de Processamento e Regulagens de Máquinas”.

Na tela inicial do ANNINCS, o utilizador definirá a função que ele deseja executar e na sequência o utilizador irá deparar com um segundo formulário de dados.

A primeira janela será, basicamente para definir a função por meio de seleção de opções onde o utilizador deverá seleccionar posicionando o cursor sobre a sua opção de linha de produção e tipo de processamento e informação dos valores dos ajustes nas máquinas.

A imagem mostra a interface de usuário do sistema ANNINCS. O formulário é dividido em seções para configuração de máquinas e seleção de processos. No topo, há um cabeçalho com o título "OPÇÕES DE PROCESSAMENTO E REGULAGENS DE MÁQUINAS". Abaixo dele, há duas colunas principais: "Linha de Produção" e "Laminador 1".

- Na seção "Linha de Produção", há dois botões de opção: "Cardado" (selecionado) e "Penteado".
- Na seção "Tipo de Processamento", há dois botões de opção: "Previsão das Propriedades do Fio" (selecionado) e "Determinação das Características da Fibra".
- Na seção "Laminador 1", há três campos de entrada de texto: "Velocidade(MPM):" com o valor 400, "Escartamento Trazeiro:" com o valor 50, e "Escartamento Dianteiro:" com o valor 45.
- Na seção "Laminador 2", há um campo de entrada de texto: "Velocidade(MPM):" com o valor 700.

Linhas de conexão (verdes e vermelhas) indicam a interação entre as opções de seleção e os campos de entrada de dados.

O que define a rotina a ser executada é a Linha de Produção e o Tipo de Processamento, onde para o seletor da Linha de Produção tem-se como opções Cardado e Penteado e para o seletor de Tipo do Processamento, tem-se Previsão das Propriedades do Fio e Determinação das Características da Fibra.

Em todas os formulários disponibilizadas para o utilizador informar valores, ao posicionar o cursor, aparecerá automaticamente em cada um, os valores mínimos e máximos de cada campo conforme apresentado na Figura 44 .

Torção

Escartamento Trazeiro:

Escartamento Intermediário:

Escartamento Frontal:

Figura 44 - Exibição dos valores mínimos e máximos.

OPÇÕES DE PROCESSAMENTO E REGULAGENS DE MÁQUINAS

Linha de Produção

Cardado Penteado

Tipo de Processamento

Previsão das Propriedades do Fio

Determinação das Características da Fibra

Torção

Escartamento Trazeiro:

Escartamento Intermediário:

Escartamento Frontal:

Rotação do fuso:

Tensão por pol.(T/P):

Laminador 1

Velocidade(MPM):

Escartamento Trazeiro:

Escartamento Dianteiro:

Laminador 2

Velocidade(MPM):

Escartamento Trazeiro:

Escartamento Dianteiro:

Filatório

Estiragem(%):

RPM do Fuso:

Torção por pol.:

Mensagem:

Sugestão para Teste

Após a definição da rotina o utilizador deverá informar os valores de regulagens de máquina respeitando ao intervalo mínimo e máximo de cada campo ou “Sujestão de Teste” e em seguida fazer um “Próximo→”.

OPÇÕES DE PROCESSAMENTO E REGULAGENS DE MÁQUINAS

Linha de Produção	Laminador 1
<input checked="" type="radio"/> Cardado <input type="radio"/> Penteado	Velocidade(MPM): <input type="text" value="400"/>
Tipo de Processamento	Escartamento Trazeiro: <input type="text" value="50"/>
<input type="radio"/> Previsão das Propriedades do Fio	Escartamento Dianteiro: <input type="text" value="45"/>
<input checked="" type="radio"/> Determinação das Características da Fibra	Laminador 2
Torce	Velocidade(MPM): <input type="text" value="700"/>
Escartamento Trazeiro: <input type="text" value="75"/>	Escartamento Trazeiro: <input type="text" value="2"/>
Escartamento Intermediário: <input type="text" value="50"/>	Escartamento Dianteiro: <input type="text" value="4"/>
Escartamento Frontal: <input type="text" value="32"/>	Filatório
Rotação do fuso: <input type="text" value="1200"/>	Estiragem(%): <input type="text" value="90"/>
Tensão por pol.(T/P): <input type="text" value="1"/>	RPM do Fuso: <input type="text" value="15000"/>
	Torção por pol.: <input type="text" value="100"/>
Mensagem: <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center; color: red;"> Os valores de dados das Máquinas sinalizados estão fora do intervalo permitido! </div>	
<input type="button" value="Sugestão para Teste"/>	Valores fora do Intervalo
	<input type="button" value="Próximo->"/>

A cada processo os valores serão validados pelo *software*, caso o utilizador informe algum valor inválido, ou seja, fora do intervalo mínimo e máximo de cada campo, será notificado no campo de mensagem e o valor aparecerá em destaque para a devida correção.

3. Rotinas

O ANNINCS - *Artificial Neural Networks In Control Spinning*, possui 4 funções básicas:

- ✓ Determinação das características da fibra no processo cardado;
- ✓ Determinação das características da fibra no processo penteado;
- ✓ Previsão do fio no processo cardado;
- ✓ Previsão do fio no processo penteado.

Para todos os valores informados no sistema pelo usuário, deverão atender ao limite de intervalo específicos do processo cardado e do processo penteado.

Ao digitar utilizando seu navegador de preferencia o link de acesso ao protótipo: <http://www.dep.uem.br/annincs>, será exibido o formulário de “Opções de Processamento e Regulagens de Máquinas” que define basicamente a rotina a ser executada é a Linha de Produção e o Tipo de Processamento.

Para o seletor da Linha de Produção tem-se como opções Cardado e Penteado e para o seletor de Tipo do Processamento, tem-se Previsão das Propriedades do Fio e Determinação das Características da Fibra.

4. Determinação das características da fibra

Para executar a função de determinação das características da fibra, o utilizador deverá indicar a linha de produção desejada, cardada ou penteada, e o tipo de processamento de determinação das características da fibra conforme apresentado nas figuras a seguir:

The image shows two separate panels. The first panel, titled "Linha de Produção", contains two radio buttons: "Cardado" (selected) and "Penteado". The second panel, titled "Tipo de Processamento", contains two radio buttons: "Previsão das Propriedades do Fio" and "Determinação das Características da Fibra" (selected).

Após a indicação da função desejada, basta clicar no botão de "Sugestão para Teste" ou informar os valores das regulagens do laminador 1, laminador 2, torce e continuo de anel nos campos específicos e clicar com o *rato* no botão "Próximo→".

The image shows a large configuration window titled "OPÇÕES DE PROCESSAMENTO E REGULAGENS DE MÁQUINAS". It is divided into several sections: "Linha de Produção" (with "Cardado" selected), "Tipo de Processamento" (with "Determinação das Características da Fibra" selected), "Torce" (with input fields for "Escartamento Trazeiro", "Escartamento Intermediário", "Escartamento Frontal", "Rotação do fuso", and "Tensão por pol.(T/P)"), "Laminador 1" (with input fields for "Velocidade(MPM)", "Escartamento Trazeiro", and "Escartamento Dianteiro"), "Laminador 2" (with input fields for "Velocidade(MPM)", "Escartamento Trazeiro", and "Escartamento Dianteiro"), and "Filatório" (with input fields for "Estiragem(%)", "RPM do Fuso", and "Torção por pol."). At the bottom, there is a "Mensagem" text area and two buttons: "Sugestão para Teste" and "Próximo->".

Os valores de regulagens das máquinas informados pelo utilizador, deverão obedecer o intervalo de valores permitido no sistemas. A seguir os quadros de valores dos intervalos mínimos e máximos de acordo com o processo a executar.

Quadro 34 - Intervalo dos Ajustes nas Máquinas do Processo Cardado.

		INTERVALO	
		MINIMO	MÁXIMO
TORCE	Escartamento Trazeiro	47.25	57.75
	Escartamento Intermediário	44.55	54.45
	Escartamento Frontal	33.75	41.25
	Rotação do Fuso	1005.01	1278.59
	Tensão por pol(T/P)	0.98	1.25
LAMINADOR 1	Velocidade(MPM)	329.20	434.82
	Escartamento Trazeiro	46.37	58.67
	Escartamento Dianteiro	37.80	46.20
LAMINADOR 2	Velocidade(MPM)	601.77	840.22
	Escartamento Trazeiro	6.15	8.51
	Escartamento Dianteiro	3.45	5.21
CONTINUO DE ANEL	Estiragem(%)	94.75	116.79
	RPM do Fuso	14803.56	18306.76
	Torção por pol	90	110

Quadro 35 - Intervalo dos Ajustes nas Máquinas no Processo Penteado.

		INTERVALO	
		MINIMO	MÁXIMO
TORCE	Escartamento Trazeiro	47.25	57.75
	Escartamento Intermediário	44.55	54.45
	Escartamento Frontal	33.75	41.25
	Rotação do Fuso	1068.30	1326.20
	Tensão por pol(T/P)	1.05	1.30
LAMINADOR 1	Velocidade(MPM)	314.10	383.90
	Escartamento Trazeiro	47.70	58.30
	Escartamento Dianteiro	37.80	46.20
LAMINADOR 2	Velocidade(MPM)	450	550
	Escartamento Trazeiro	4.05	4.95
	Escartamento Dianteiro	1.80	2.20
CONTINUO DE ANEL	Estiragem(%)	96.48	119.20
	RPM do Fuso	15310	18981
	Torção por pol	90	110

Após a validação dos valores nas regulagens de máquinas, um segundo formulário será exibido:

DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA FIBRA	
Propriedades do Fio	Características da Fibra
NE-Massa Linear: <input type="text"/>	Micronaire(mg/pol2): <input type="text"/>
UM-Índice Uster: <input type="text"/>	Comprimento(mm): <input type="text"/>
CVM-Coefficiente de Variação de Massa: <input type="text"/>	Uniformidade(%): <input type="text"/>
Pontos Finos: <input type="text"/>	Resistência a roptura(gf/tex): <input type="text"/>
Pontos Grosos: <input type="text"/>	Alongamento(%): <input type="text"/>
Neps: <input type="text"/>	MR-Maturidade(%): <input type="text"/>
Pilosidade: <input type="text"/>	Índice de fibras curtas(%): <input type="text"/>
Plhush: <input type="text"/>	Umidade(%): <input type="text"/>
Tenacidade: <input type="text"/>	
Alongamento: <input type="text"/>	

Mensagem

Resultado

No formulário para a determinação das características da fibra, o utilizador deverá digitar os valores de cada propriedade do fio desejado ou clucar com o *rato* em “Sujestão para Teste” e em seguida clicar em “Processar” que tem por função a validação das propriedades do fio desejado.

Estes valores das propriedades do fio, deverão obedecer ao intervalo de valores de acordo com o processo a executar, conforme os quadros a seguir:

Quadro 36 - Intervalo das Propriedades do Fio no processo Cardado.

	INTERVALO	
	MINIMO	MÁXIMO
NE – Massa Linear	23.83	33.45
UM – Índice Uster	11.31	15.28
CVM – Coeficiente de Variação de Massa	14.39	19.46
Pontos Finos	13.88	45.46
Pontos Grossos	180.88	431.21
Neps	192.37	359.74
Pilosidade	5.51	8.11
Plhush	1.38	1.88
Tenacidade	12.57	16.57
Alongamento	4.74	6.53

Quadro 37 - Intervalo das Propriedades do Fio no processo Penteadado.

	INTERVALO	
	MINIMO	MÁXIMO
NE – Massa Linear	22.72	35.88
UM – Índice Uster	8.85	12.18
CVM – Coeficiente de Variação de Massa	11.19	15.44
Pontos Finos	-0.59	5.94
Pontos Grossos	4.24	70.66
Neps	24.42	110.44
Pilosidade	4.84	7.38
Plhush	1.13	1.59
Tenacidade	13.58	18.04
Alongamento	4.73	6.56

Caso os valores informados pelo utilizador sejam válidos, como resultados os valores correspondentes as características da fibra aparecerá nos campos correspondentes.

Os resultados para a determinação das características da fibra estarão sujeitadas a um valor médio de erro e a um intervalo de confiabilidade de acordo com o Quadro 38.

Quadro 38 - Confiabilidade das Redes neurais para Determinação das Características da Fibra.

RNAs		Valor médio do erro(%)	Intervalo de Confiança do erro (%)	
			Min	Max
CARDADO	Maturidade(MR) (%)	0,79	0,33	1,24
	Resistência (RESIST) (gf/tex)	2,47	1,04	3,90
	Índice de fibras curtas (SFI)	3,09	1,30	4,88
	Uniformidade (UNIF)(%)	0,64	0,27	1,01
	Umidade (Moist) (%)	2,20	0,58	3,81
	Micronaire (MIC) ($\mu\text{g}/\text{pol}^2$)	1,61	0,68	2,54
	Comprimento (COMP)(mm)	0,42	0,18	0,67
	Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	1,15	0,48	1,81
PENTEADO	Alongamento da fibra (ALONG_FIB)(%)	0,01	0,42	1,04
	Uniformidade (UNIF)(%)	0,00	0,20	0,50
	Índice de fiabilidade da fibra (SCI)	0,03	1,52	3,76
	Resistência (RESIST) (gf/tex)	0,02	0,89	2,21
	Maturidade(MR) (%)	0,01	0,42	1,04
	Micronaire (MIC) ($\mu\text{g}/\text{pol}^2$)	0,03	1,91	4,70
	Comprimento (COMP)(mm)	0,01	0,37	0,91
	Umidade (Moist) (%)	0,03	1,20	4,51

5. Previsão do fio

Para executar a função de previsão do fio, o utilizador deverá indicar a linha de produção desejada, cardada ou penteada, e o tipo de processamento de previsão do fio conforme apresentado nas figuras a seguir:

Linha de Produção	
<input checked="" type="radio"/> Cardado	<input type="radio"/> Penteado

Tipo de Processamento	
<input checked="" type="radio"/> Previsão das Propriedades do Fio	<input type="radio"/> Determinação das Características da Fibra

Após a indicação da função desejada, basta clicar no botão de “Sugestão para Teste” ou informar os valores das regulagens do laminador 1, laminador 2, torce e continuo de anel nos campos específicos e clicar com o *rato* no botão “Próximo→”,

OPÇÕES DE PROCESSAMENTO E REGULAGENS DE MÁQUINAS	
Linha de Produção	Laminador 1
<input checked="" type="radio"/> Cardado <input type="radio"/> Penteado	Velocidade(MPM): <input type="text"/>
Tipo de Processamento	Escartamento Trazeiro: <input type="text"/>
<input checked="" type="radio"/> Previsão das Propriedades do Fio	Escartamento Dianteiro: <input type="text"/>
<input type="radio"/> Determinação das Características da Fibra	Laminador 2
Torce	Velocidade(MPM): <input type="text"/>
Escartamento Trazeiro: <input type="text"/>	Escartamento Trazeiro: <input type="text"/>
Escartamento Intermediário: <input type="text"/>	Escartamento Dianteiro: <input type="text"/>
Escartamento Frontal: <input type="text"/>	Filatório
Rotação do fuso: <input type="text"/>	Estiragem(%): <input type="text"/>
Tensão por pol.(T/P): <input type="text"/>	RPM do Fuso: <input type="text"/>
	Torção por pol.: <input type="text"/>
Mensagem <input type="text"/>	
<input type="button" value="Sugestão para Teste"/>	<input type="button" value="Próximo->"/>

Os valores de regulagens das máquinas informados pelo utilizador, deverão obedecer o intervalo de valores permitido no sistemas. A seguir os quadros de valores dos intervalos mínimos e máximos de acordo com o processo a executar.

Quadro 39 - Intervalo dos Ajustes nas Máquinas do Processo Cardado.

		INTERVALO	
		MINIMO	MÁXIMO
TORÇE	Escartamento Trazeiro	47.25	57.75
	Escartamento Intermediário	44.55	54.45
	Escartamento Frontal	33.75	41.25
	Rotação do Fuso	1005.01	1278.59
	Tensão por pol(T/P)	0.98	1.25
LAMINADOR 1	Velocidade(MPM)	329.20	434.82
	Escartamento Trazeiro	46.37	58.67
	Escartamento Dianteiro	37.80	46.20
LAMINADOR 2	Velocidade(MPM)	601.77	840.22
	Escartamento Trazeiro	6.15	8.51
	Escartamento Dianteiro	3.45	5.21
CONTINUO DE ANEL	Estiragem(%)	94.75	116.79
	RPM do Fuso	14803.56	18306.76
	Torção por pol	90	110

Quadro 40 - Intervalo dos Ajustes nas Máquinas no Processo Penteado.

		INTERVALO	
		MINIMO	MÁXIMO
TORCE	Escartamento Trazeiro	47.25	57.75
	Escartamento Intermediário	44.55	54.45
	Escartamento Frontal	33.75	41.25
	Rotação do Fuso	1068.31	1326.24
	Tensão por pol(T/P)	1.05	1.30
LAMINADOR 1	Velocidade(MPM)	314.10	383.90
	Escartamento Trazeiro	47.70	58.30
	Escartamento Dianteiro	37.80	46.20
LAMINADOR 2	Velocidade(MPM)	450	550
	Escartamento Trazeiro	4.05	4.95
	Escartamento Dianteiro	1.80	2.20
CONTINUO DE ANEL	Estiragem(%)	96.48	119.19
	RPM do Fuso	15310.05	18981.05
	Torção por pol	90	110

Após a validação dos valores nas regulagens de máquinas, um segundo formulário será exibido:

Características da Fibra	Propriedades do Fio
Micronaire($\mu\text{g}/\text{pol}^2$): <input type="text"/>	NE-Massa Linear <input type="text"/>
Comprimento(mm): <input type="text"/>	UM-Índice Uster <input type="text"/>
Uniformidade(%): <input type="text"/>	CVM-Coefficiente de Variação de Massa <input type="text"/>
Resistência a roptura(gf/tex): <input type="text"/>	Pilosidade <input type="text"/>
Alongamento(%): <input type="text"/>	Plhush <input type="text"/>
TRCnt-Número de partículas de impurezas(%): <input type="text"/>	Tenacidade <input type="text"/>
TRArea-Percentual de área ocupada pelas impurezas(%): <input type="text"/>	Alongamento <input type="text"/>
LFgrade-Grau de folhas(%): <input type="text"/>	
MR-Maturidade(%): <input type="text"/>	
Índice de fibras curtas(%): <input type="text"/>	
Umidade(%): <input type="text"/>	

Mensagem

Reiniciar Sugestão para Teste Processar

Resultado

Neste formulário o utilizador deverá digitar os valores de cada característica da fibra obedecendo aos valores mínimos e máximos de cada característica ou clicar com o *rato* em “Sujestão para Teste” e em seguida clicar em “Processar”.

Os valores informados pelo utilizador das características da fibra, deverão obedecer aos valores mínimos e máximos conforme o Quadro 41.

Quadro 41 - Intervalo das Características das Fibras no Processo Caradado.

	INTERVALO	
	MINIMO	MÁXIMO
Micronaire($\mu\text{g}/\text{pol}^2$)	3.48	4.55
Comprimento(mm)	25.92	32.35
Uniformidade(%)	73	90.30
Resistência a roptura(gf/tex)	26.82	34.71
Alongamento(%)	5.89	7.33
TR-CntNúmero de partículas de impurezas(%)	6.87	18.65
TRArea-Percentual de área ocupada pelas impurezas(%)	0.16	0.32
LFgrade-Grau de folhas(%)	1.81	3.25
Maturidade(%)	0.78	0.97
Índice de fibras curtas(%)	7.78	10.47
Umidade (Moist) (%)	5.81	8.42

Quadro 42 - Intervalo das Características das Fibras no Processo Penteadado

	INTERVALO	
	MINIMO	MÁXIMO
Micronaire($\mu\text{g}/\text{pol}^2$)	3.46	4.51
Comprimento(mm)	25.89	32.39
Uniformidade(%)	72.91	90.10
Resistência a roptura(gf/tex)	26.73	34.76
Alongamento(%)	5.88	7.31
TR-CntNúmero de partículas de impurezas(%)	7.87	14.81
TRArea-Percentual de área ocupada pelas impurezas(%)	0.15	0.29
LFgrade-Grau de folhas(%)	1.75	3.05
Maturidade(%)	0.77	0.96
Índice de fibras curtas(%)	7.91	10.56
Umidade (Moist) (%)	5.78	8.37

Os resultados para a previsão do fio estarão sujeitadas a um valor médio de erro e a um intervalo de confiabilidade de acordo com o Quadro 43.

Quadro 43 - Confiabilidade das Redes neurais para Previsão do Fio.

RNAs		Valor médio do erro	Intervalo de Confiança do Erro (%)	
			MINIMO	MÁXIMO
CARDADO	Alongamento (ALONG)	4,56	1,56	7,55
	Coeficiente de variação de massa (CVM%)	4,67	3,64	5,71
	Massa linear (NE)	2,25	0,95	3,55
	Índice Uster (UM%)	2,46	1,03	3,89
	Pilosidade (PLHI)	4,62	1,94	7,30
	Variação de pilosidade (PLSH)	2,16	0,82	3,50
	Tenacidade (TENAC)	2,12	0,89	3,35
	Pontos grossos (PGROS)	9,46	1,64	17,27
PENTEADO	Índice Uster (UM%)	0,01	0,65	2,06
	Coeficiente de variação de massa (CVM%)	0,02	0,76	2,39
	Massa linear (NE)	0,00	0,20	0,62
	Pilosidade (PLHI)	0,01	0,53	1,68
	Variação de pilosidade (PLSH)	0,01	0,44	1,38
	Tenacidade (TENAC)	0,02	0,72	2,28
	Alongamento (ALONG)	0,01	0,66	2,07
	Neps (NEPS)	0,77	13,70	140,79
	Pontos Grossos (PGROS)	2,03	54,01	352,79