

**UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**  
(Bacharelado)

**PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA O DIAGNÓSTICO DE  
ASPECTOS PSICOLÓGICOS BASEADO NAS FOTOS  
KIRLIAN**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À UNIVERSIDADE  
REGIONAL DE BLUMENAU PARA A OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA  
DISCIPLINA COM NOME EQUIVALENTE NO CURSO DE CIÊNCIAS DA  
COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

**GILBERTO CESAR MOURA**

BLUMENAU, JUNHO/2000

2000/1-26

# **PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA O DIAGNÓSTICO DE ASPECTOS PSICOLÓGICOS BASEADO NAS FOTOS KIRLIAN**

**GILBERTO CESAR MOURA**

ESTE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, FOI JULGADO ADEQUADO PARA OBTENÇÃO DOS CRÉDITOS NA DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO OBRIGATÓRIA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE:

**BACHAREL EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO**

---

Prof. Paulo de Tarso Mendes Luna — Orientador na FURB

---

Prof. José Roque Voltolini da Silva — Coordenador do TCC

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Paulo de Tarso Mendes Luna

---

Prof. Roberto Heinzle

---

Prof. Dr. Alejandro Martins

**À meus pais**

Geraldo e Maria da Graça, pelo incentivo, auxílio e compreensão nos momentos difíceis  
nesta jornada acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família que nunca mediu esforços em ajudar e acompanhar todos os momentos desta etapa que se encerra.

Ao professor e orientador Paulo de Tarso Mendes Luna, pelo acompanhamento, incentivo, colaboração e por toda dedicação prestada desde a formulação da idéia inicial, definição dos procedimentos necessários (a maioria deles inéditos nesse campo) até a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos, por sempre estarem junto comigo em quase todas as batalhas, e entenderem a necessidade da minha ausência por muitas vezes no decorrer da vida acadêmica.

Aos amigos acadêmicos, em especial, Alexandre, Eduardo, Jonas e Marcelo, que acompanharam e sempre estiveram perto durante todos estes anos.

Á todos da Uniflex Infomática, pelo apoio, companheirismo e por sempre estarem dispostos a ajudar quando foi necessário.

# SUMÁRIO

Lista de figuras .....	vii
Lista de quadros .....	ix
Resumo .....	x
Abstract.....	xi
1 Introdução .....	1
1.1 Justificativas .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Organização do trabalho.....	2
2 Fundamentação teórica .....	4
2.1 Kirliangrafia .....	4
2.1.1 Histórico.....	4
2.1.2 Fotos Kirlian .....	5
2.1.3 Interpretação das fotos Kirlian.....	5
2.2 Teoria das cores.....	8
2.2.1 Processo de formação de cores .....	9
2.2.2 Espaço de cores .....	9
2.3 Lógica difusa .....	11
2.3.1 Conjuntos difusos.....	13
2.3.2 Variáveis lingüísticas .....	14
2.3.3 Função de pertinência .....	15
2.3.4 Números difusos .....	16
2.3.5 Representações lineares .....	17
3 Desenvolvimento do trabalho .....	19

3.1	Introdução.....	19
3.2	Especificação do protótipo .....	19
3.2.1	Metodologia utilizada.....	19
3.3	Análise de requisitos .....	20
3.4	Apresentação da especificação .....	21
3.4.1	Lógica de funcionamento do sistema.....	22
3.5	Definição dos procedimentos .....	24
3.5.1	Definição do grau de pertinência da cor .....	24
3.5.2	Definição da distribuição de frequência.....	25
3.5.3	Calibração do sistema .....	26
3.5.4	Classificação da foto .....	29
3.6	Implementação .....	30
3.6.1	Delphi.....	30
3.6.2	Diagrama de contexto .....	31
3.6.3	Operacionalidade da implementação .....	32
4	Conclusão.....	39
4.1	Limitações .....	40
4.2	Dificuldades encontradas .....	40
4.3	Extensões.....	41
	Referências bibliográficas .....	42

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Regiões do indicador direito e os respectivos órgãos relacionados .....	7
Figura 2.2: Esquema exemplo de aparecimento das estrias grossas.....	7
Figura 2.3: Esquema da foto com mancha lunar amarela.....	8
Figura 2.4: Esquema da foto com excesso de cor rosa.....	8
Figura 2.5: Espaço de cores RGB.....	11
Figura 2.6: Exemplo de conjunto difuso para o diagnóstico de febre .....	12
Figura 2.7: Determinação da temperatura de uma turbina .....	14
Figura 2.8: Exemplo de função de pertinência.....	16
Figura 2.9: Conjunto difuso de números reais próximos de 4.....	17
Figura 2.10: Conjunto difuso convexo .....	17
Figura 2.11: Conjunto difuso crescente.....	18
Figura 2.12: Conjunto difuso decrescente .....	18
Figura 3.1: Especificação geral do sistema .....	22
Figura 3.2: Definição da pertinência da cor de um pixel .....	24
Figura 3.3: Espectro de cores RGB para o vermelho .....	25
Figura 3.4: Exemplo de distribuição de frequência.....	26
Figura 3.5: Fluxograma do processo de calibração do sistema .....	28
Figura 3.6: Exemplo da diferença entre distribuições .....	29
Figura 3.7: Diagrama de contexto geral do protótipo.....	31
Figura 3.8: Diagrama de contexto detalhado do protótipo .....	32
Figura 3.9: Tela inicial do protótipo.....	33
Figura 3.10: Tela de configuração do sistema.....	34
Figura 3.11: Tela da opção calibrar do protótipo .....	35

Figura 3.12: Tela de escolha de uma nova foto para diagnóstico.....	37
Figura 3.13: Tela da opção classificar do protótipo .....	38



## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1: Diagnósticos possíveis .....	21
Quadro 3.2: Fórmula da distância euclidiana .....	24
Quadro 3.3: Exemplo de cálculo da diferença entre curvas .....	29
Quadro 3.4: Funções dos botões da tela configurar.....	34

## **RESUMO**

O trabalho apresentado tem por objetivo especificar e implementar um protótipo de software que ilustra a possibilidade de implementação de software para a realização do diagnóstico de aspectos psicológicos baseado na interpretação de imagens coloridas retiradas das fotos de uma máquina Kirlian. O protótipo utiliza a teoria dos conjuntos difusos para modelar a imprecisão inerente a várias etapas do sistema.

## **ABSTRACT**

This presented work goal is to specify and implement a software prototype that shows the possibility of software implementation to perform a psychological aspect diagnostics based on the interpretation of colored images taken from a Kirlian camera's picture. The prototype uses the fuzzy sets teory to model a inherent imprecision to many steps of the system.

# 1 INTRODUÇÃO

A utilização de métodos alternativos para realizar diagnósticos de doenças e estados psicológicos vêm sendo abordados por inúmeros pesquisadores e médicos ao longo do tempo. Segundo [COS1999], apesar de não ser ainda oficialmente aceita na maioria dos países, cresce cada vez mais a utilização por profissionais da área de saúde da Kirliangrafia, a análise das fotos retiradas por uma máquina Kirlian ou máquina de eletrofotografia no diagnóstico médico e psicológico. Vários profissionais, principalmente psicólogos e terapeutas, já utilizam como uma ferramenta de trabalho, afim de diagnosticar a "raiz dos problemas" de seus pacientes e comprovar suas melhoras no decorrer do tratamento. A Kirliangrafia está sendo usada para uma variedade de propósitos relacionados a aspectos psicológicos/fisiológicos da saúde, ela tem se mostrado eficaz no diagnóstico de vários casos de câncer, artrites reumáticas, depressão e esquizofrenia [KIR1999]. Atualmente, na Rússia, segundo [KOR2000], a Kirliangrafia foi aceita e oficializada com um equipamento médico oficial, onde todo médico, clínica ou hospital pode usar legalmente as máquinas Kirlian com um instrumento médico para realizar exames e diagnósticos. Fazendo enfim parte da prática médica russa.

Além disto, a Kirliangrafia vem apresentando em muitos anos de estudos um alto índice de aprovação entre seus usuários e, de acordo com pesquisas realizadas, tem-se alcançado um nível de 99% de acerto nos casos de análise psicológica [FOT1994]. No Brasil, predominam as fotos Kirlian, retiradas por uma máquina Kirlian padrão Prof. Newton Milhomens. Desde a construção da primeira máquina em 1939, a Kirliangrafia tem atraído cada vez mais pesquisadores e especialistas nas mais variadas áreas para estudar a fundo seus benefícios e conhecimentos implicados nela.

## 1.1 JUSTIFICATIVAS

A identificação de determinados padrões nas fotos, bem como, a coloração e largura ou falhas do campo fotografado é que determinam, de acordo com a região em que aparecem, o diagnóstico do paciente. Assim, a interpretação para ser precisa exige bastante experiência e atenção do responsável pela análise das citadas fotos. Nesse contexto, a existência de ferramentas informatizadas, que apoiem esse diagnóstico constituem em uma importante contribuição para a disseminação da técnica da Kirliangrafia e a acurácia de sua aplicação.

Outro ponto importante dentro deste contexto é o tratamento de incertezas com relação a qualificação e identificação de padrões nas fotos Kirlian, principalmente na análise de aspectos psicológicos, como por exemplo, identificar ou estabelecer um padrão de referência para eleger o que é “excessivo”, “normal” e “fraco”, na ocorrência de certas cores características.

Dentre as tecnologias que podem auxiliar nessa tarefa, a inteligência artificial (IA) é especialmente relevante. Utilizada comercialmente desde meados da década de 70, para o apoio ao diagnóstico (como no caso dos sistemas especialistas Mycin e Prospector), a IA tem-se consolidado ao longo dos anos "popularizando" aplicações da tecnologia dos Sistemas Especialistas (SE), principalmente no domínio médico [BAR1997]. Outra tecnologia da IA igualmente relevante nesse caso é a Teoria dos Conjuntos Difusos, usada para o tratamento de imprecisão. Os Conjuntos Difusos permitem, através de conceitos matemáticos próprios, representar e avaliar habilidades ou expressões [RAU1996] como, no caso em questão: “excessiva ou fraca intensidade de cor” ou “ocorrência excessiva ou forte da cor”.

Desta forma, a automação do processo citado (classificação da intensidade de cores em uma foto Kirlian) pode ser conseguida com o uso de Conjuntos Difusos, conforme este trabalho deseja ilustrar.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho é de especificar e implementar um protótipo de *software* para ilustrar a possibilidade de automatização do processo de classificação da intensidade e nível de ocorrência de cores em imagens. A aplicação escolhida é a interpretação de fotos Kirlian, que requer este tipo de atividade, combinado com um processo de diagnóstico que pode ser formalizado sob a forma de regras.

Um segundo objetivo do trabalho é comprovar que a aplicação de técnicas simples de IA, combinadas com a teoria dos conjuntos difusos, é válida e atende a todas necessidades de realização das funcionalidades da aplicação em questão.

## 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Na seqüência é feita uma breve descrição de cada capítulo apresentado no trabalho.

O capítulo de introdução apresenta uma visão geral, justificativas e objetivos deste trabalho. Na seqüência, o segundo capítulo apresenta uma fundamentação teórica das áreas envolvidas, que são: Kirlianografia, Teoria das Cores e Conjuntos Difusos. Neste capítulo, são discutidos conceitos, técnicas e ferramentas mais relevantes envolvidas com o tema. O terceiro capítulo apresenta o desenvolvimento da trabalho, comentando as técnicas e as ferramentas envolvidas na implementação.

E, finalmente, no capítulo quatro são apresentadas conclusões, limitações e sugestões de possíveis extensões do trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 KIRLIANGRAFIA

#### 2.1.1 HISTÓRICO

As fotos Kirlian são fotografias oriundas de filmes fotográficos comuns, retiradas por uma máquina Kirlian. Apesar de diversos autores divergirem nos estudos quanto a determinar a origem da Kirliangrafia. A grande maioria, quando é abordada a história da Kirliangrafia, em primeiro lugar cita o nome de Semyon Davidovitch Kirlian como tendo sido a primeira pessoa a haver construído uma Máquina Kirlian [MIL2000].

Conforme [COS1999] próximo ao final do ano de 1939, em Krasnodar, uma pequena cidade ao sul da antiga União Soviética, Semyon D. Kirlian, um eletricitista, obtinha acidentalmente a primeira foto Kirlian da história. Ao ser chamado para consertar um aparelho de eletromedicina de um hospital local, Kirlian encostou a mão em uma peça energizada que resultou numa fortíssima descarga elétrica. No momento do choque foi observado entre os dedos e a peça energizada formavam-se “luminescências azuladas”. Após isto, sem saber o que tinha descoberto, ele encostou novamente a mão sobre a peça energizada, só que desta vez com um filme fotográfico entre eles e na mais absoluta escuridão. O que ele obteve após revelado o filme foi matrizes e raios que aos poucos iam tomando a forma de sua mão. No começo Kirlian não sabia o que tinha descoberto, mas aos poucos com uma intensa pesquisa em cima de sua descoberta e com a ajuda de sua esposa, que sempre foi sua “cobaia” para as fotos, ele formulou a base do que hoje vem a ser a Kirliangrafia.

É citado em [MIL2000] uma série de trabalhos em âmbito de pesquisa, já publicados relacionados a Kirliangrafia. Entre estes trabalhos destacam-se o artigo intitulado “Diagnósticos Oncológicos Kirlianográfico”, publicado pela Revista do Hospital das Forças Armadas em 1987, de autoria de dois médicos militares que provam o diagnóstico de câncer através das fotos Kirlian. Algumas teses e trabalhos de pós-graduação também foram divulgados, a citar, a tese de mestrado do Prof. Renato Eduardo Coutinho da Universidade Federal do Rio de Janeiro e do Dr. Auri Silveira da Silva publicada em 1996 pela Universidade Federal de Santa Catarina.

## 2.1.2 FOTOS KIRLIAN

Existem publicadas, na atualidade, uma dezenas de hipóteses todas elas tentando explicar o que seja uma foto Kirlian e aquilo que é fotografado pelas máquinas Kirlian [MIL2000]. Uma das mais recentes é do físico russo, Dr. Konstantin Korotkov, Ph.D. em física, que desde 1993 comanda uma equipe de físicos e outros cientistas da Universidade de São Petersburgo, na Rússia. Após examinar vários objetos (inclusive corpos de seres humanos, vivos e mortos) com um espectrofotômetro de massa e com um contador de fótons ultra-sensível, chegou à conclusão de que, em redor de corpos humanos, de animais, de plantas (e de outros objetos também), existe uma espécie de nuvem de gases, de vapores e também uma fraquíssima emissão de radiação, emanados por esses corpos, que vai do infravermelho, passando pela luz visível, chegando até mesmo o ultravioleta.

Segundo ele, essa mistura de gases e vapores, em contato com o campo elétrico da placa de qualquer máquina Kirlian, provoca a ionização dos mesmos, o que cria o halo luminoso. A essa ionização fotografável, foi dado o nome genérico de visualização de uma descarga elétrica em meio gasoso, em inglês, *Gas Discharge Visualization* ou, simplesmente, a sigla GDV. Outra hipótese que explica o que são as fotos Kirlian é a do Prof. Newton Milhomens, que é baseada nos estudos do Dr. Konstantin Korotkov, com algumas ponderações. Em [MIL1998] é dito que além o fato de que, em redor dos corpos materiais, orgânicos e/ou inorgânicos, existe, além dos gases e vapores, por eles emitidos, a emissão de um outro campo energético, de algum tipo de energia ainda desconhecido, mas muito semelhante à energia eletromagnética. Diz-se que são muito semelhante, pois esse tipo de energia, embora parecendo possuir características eletromagnéticas, não segue, na íntegra, as já tradicionais leis do eletromagnetismo. Em [MIL1998] e [MIL1999], encontra-se este assunto detalhado e amplamente explicado.

## 2.1.3 INTERPRETAÇÃO DAS FOTOS KIRLIAN

Existe uma série de variáveis que influenciam na interpretação das fotos Kirlian, e todas estas variáveis se não forem controladas, vão apresentar características diferentes em cada fotografia Kirlian obtida [MIL2000]. Os diferentes exemplos de esquemas utilizados, que são mostrados posteriormente, indicam detalhes que tornam possível a interpretação das fotos Kirlian que só podem ser aplicadas as fotos obtidas com as máquinas Kirlian padrão



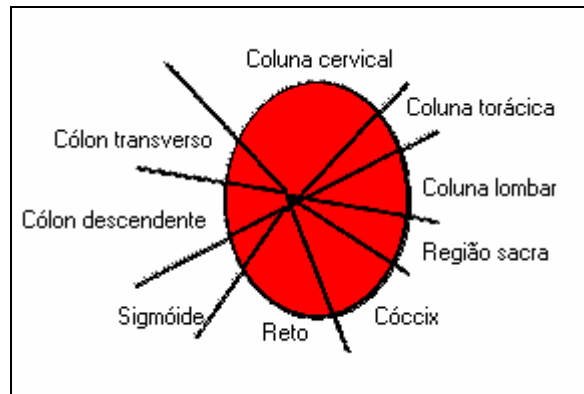
Prof. Newton Milhomens. As variáveis que influenciam na obtenção das fotos são: voltagem de saída, frequência de pulso elétrico de saída, tempo de exposição, pressão do dedo na película fotográfica e a marca e sensibilidade da película fotográfica, estas variáveis são características da máquina em questão identificadas e fixadas em determinados valores pelo Prof. Newton Milhomens.

Existem no mundo, quatro padrões de máquinas Kirlian registrados e reconhecidos [MIL2000]: Padrão Peter Mandel (Alemanha), Padrão Newton Milhomens (Brasil), Padrão Giuseppe Ambrosini (Itália) e Padrão Konstantin Korotkov (Rússia). Nenhuma dos padrões de máquina possuem semelhança na forma de interpretar e cada uma possui sua própria especificação, ou seja, uma foto retirada de uma máquina Kirlian de um determinado padrão, não pode ser interpretada em outro.

A interpretação das fotos Kirlian permite a análise segundo dois aspectos: o aspecto médico e o aspecto psicológico. Na área médica, pode-se detectar detalhes que informam se a pessoa kirliangrafada é portadora de processo inflamatório, processo infeccioso, processo degenerativo, se está intoxicada, se é portadora de algum tipo de câncer, ou se está sentindo alguma dor, e em que parte do corpo essa dor está se manifestando. Na área psicológica pode-se detectar vários problemas ou situações, tais como estado depressivo, conflitos emocionais diversos, sentimento de culpa, problemas na área sexual, angústia, ansiedade, fobias, egocentrismo, problemas de auto-rejeição entre outros de mesma ordem.

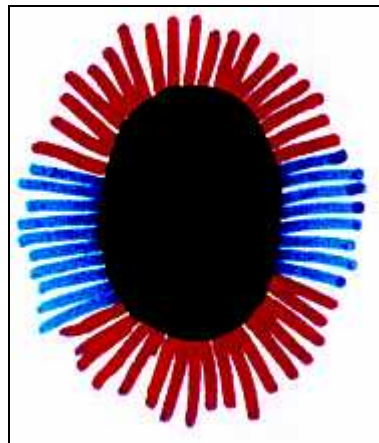
A análise médica baseia-se na observação da foto de cada dedo das mãos individualmente. Cada dedo é subdividido em regiões que são relacionadas a determinados órgãos. A figura 2.1 demonstra a divisão em regiões do dedo indicador direito e seus respectivos órgãos relacionados. O aparecimento de estrias grossas como mostra o esquema da figura 2.2 pode indicar por exemplo algum tipo de intoxicação. Assim, para o dedo indicador direito mostrado como exemplo, todos os outros dedos são analisados de forma individual tendo diagnósticos diferentes.

**Figura 2.1:** Regiões do indicador direito e os respectivos órgãos relacionados



Fonte: [MIL1998]

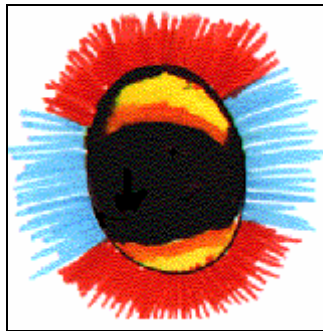
**Figura 2.2:** Esquema exemplo de aparecimento das estrias grossas



Fonte: [MIL1998]

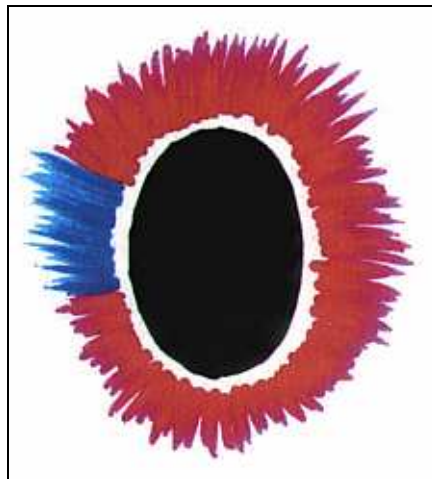
Na análise psicológica é observado a foto apenas do dedo indicador da mão direita ou do indicador e médio juntos, no caso de análise de auto-rejeição. Neste tipo de análise não há regiões específicas na foto para constatar determinados diagnósticos e a observação é da foto no todo. Algumas das características que são observadas neste caso é a presença de cores como rosa, azul ou branco, o aparecimento da mancha lunar na polpa do dedo, falhas na corona, bolhas na corona entre outras características. As fotos dos pacientes, normalmente, são comparadas a esquemas que demonstram certas anormalidades. Na figura 2.3 é demonstrado o esquema para o aparecimento de mancha lunar de coloração laranja e na figura 2.4 é ilustrado o esquema para presença excessiva da cor rosa, que pode indicar uma pessoa com tendência a agressividade, à tensão ou exaltação e hiperativa.

**Figura 2.3:** Esquema da foto com mancha lunar amarela



Fonte: [MIL1999]

**Figura 2.4:** Esquema da foto com excesso de cor rosa



Fonte: [MIL1999]

Com isto, fica clara a importância da interpretação das cores no diagnóstico kirliangráfico principalmente na área psicológica. Assim, para que esse diagnóstico possa ser automatizado em algum grau, é necessário construir um programa que trabalhe com imagens coloridas e análise de cores em si. Por isto, na seção a seguir é tratada a teoria das cores e sua implementação computacional no padrão RGB.

## 2.2 TEORIA DAS CORES

O conceito de cor é extremamente importante e indispensável pois com o seu uso, pode-se explorar um dos principais sentidos: a visão [REI2000]. Todo processo de visão envolve pelo menos dois elementos: uma fonte de luz e um observador. Normalmente há ainda um terceiro elemento, o objeto que transmite e reflete a luz da fonte. Portanto, todo

fenômeno de cor pode, simplificadaamente, ser descrito em termos desses três elementos. O que de fato determina a cor de um objeto é a presença de alguns fotopigmentos no olho humano que se sensibilizam de forma distinta diante de diferentes comprimentos de onda [JAC1994]. Sendo assim, conforme [PRI2000] pode-se dizer que a cor é a impressão que as diferentes variedades de luz produzem nos órgãos visuais.

### **2.2.1 PROCESSO DE FORMAÇÃO DE CORES**

De acordo com [ZAG1999] existem dois processos de produção de cores : mistura aditiva de cores e mistura subtrativa de cores. Estes métodos usam cores primárias diferentes e possuem significados distintos para o branco e para o preto. Na mistura aditiva de cores, processo usado nos monitores de vídeo e televisões, a cor é gerada através de vários comprimentos de onda da luz, isso provoca uma alteração do comprimento de onda que atinge e sensibiliza o olho. As cores primárias aditivas são o vermelho, verde e azul. Neste processo ainda, o preto é gerado pela ausência de cor e o branco é a mistura de todas elas, o que representa a quantidade máxima de vermelho, verde e azul que está sendo transmitida.

No processo de mistura subtrativa de cores, usado nas pinturas, o objeto de cor não emite luz e sim absorve e reflete a luz, gerando cor através de um processo que absorve comprimentos de ondas de luz específicos e refletem outros. As cores primárias subtrativas são a magenta, amarelo e *cyan*. São cores primárias subtrativas pois seu efeito é subtrair ou absorver alguma cor da luz branca. Ou seja, quando a luz branca passa por um objeto, ela é parcialmente absorvida pelo objeto, a parte que não é absorvida é transmitida, e eventualmente atinge o olho humano, determinando a cor do objeto. Neste processo o branco é gerado pela ausência de qualquer cor e o preto é a presença de todas.

### **2.2.2 ESPAÇO DE CORES**

Cada cor pode ser descrita por sua localização em um espaço tridimensional de cor, como por exemplo, o espaço XYZ ou o cubo RGB. Cada distribuição de cor é associado com um ponto no espaço de cor e cada ponto no espaço é especificado por suas três coordenadas [WYS1982]. Segundo [ZAG1999], um espaço de cor é um método formal de se representar as sensações visuais de cores, através da qual, as cores podem ser precisamente especificadas por palavras ou por números. A introdução de uma representação matemática no processo de

especificação de cor gera muitos benefícios, já que permite a especificação de um espaço através de um sistema de coordenadas cartesianas, geralmente conhecido como modelo de cor.

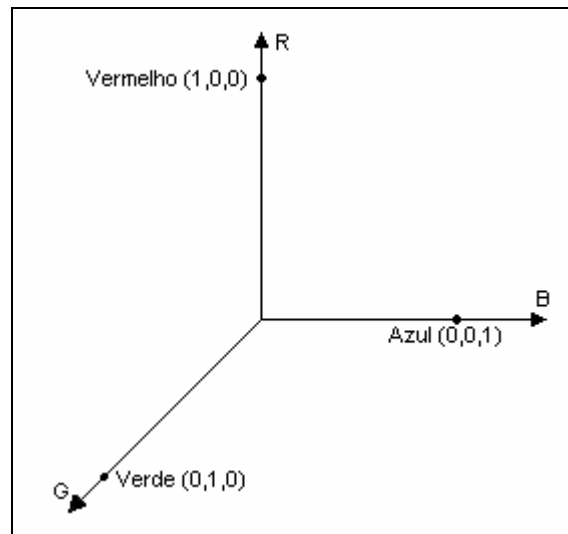
### 2.2.2.1 ESPAÇO DE CORES COMPUTACIONAIS

O objetivo de um modelo de cor é permitir especificações convenientes dentro de uma faixa de cores possíveis, seu uso proporciona uma maneira de traduzir cores em dados numéricos de modo a poderem ser descritas de maneira consistente em vários meios. São dois os modelos orientados para o hardware [FOL1990] :

- a) CMYK (*Cyan, Magenta, Yellow, black*): usado para cópias de impressão em papel;
- b) RGB (*Red, Green, Blue*): usado em televisões coloridas e vídeos de varredura.

O modelo CMYK é o adotado em vários dispositivos de *hardcopy*, como uma plotadora por que produz figuras coloridas através do depósito de pigmentos coloridos no papel. Uma página impressa é diferente de um monitor que, por ser uma fonte de luz, pode criar cores. Uma impressão não emite luz, ela absorve e reflete a luz e portanto deve usar um modelo que use tintas que possam absorver comprimentos de ondas de luz específicos e reflitam outros [ZAG1999].

A denominação RGB vem do acrônimo *Red* (vermelho), *Green* (verde) e *Blue* (azul) usado em monitores coloridos que usam três sinais de entrada separados para controlar os feixes de imagens nas cores vermelha, verde e azul (cores básicas). O modelo mais simples de definição do padrão RGB é formado pela triplicação do plano de bits (modelo monocromático) alocando-se um plano para cada uma das cores básicas, resultando em uma combinação de 8 cores [REI2000]. Com isso, pode-se representar este padrão em um sistema de coordenadas cartesianas RGB mostrado na figura 2.5.

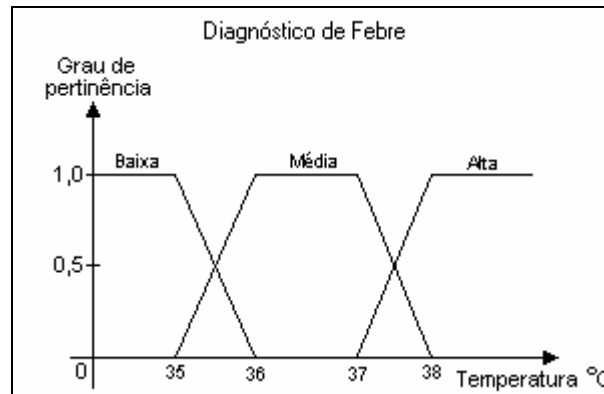
**Figura 2.5:** Espaço de cores RGB

Visto toda a complexidade de determinação das cores baseado no espaço de cores RGB, nota-se uma grande dificuldade de sua classificação, ou seja, determinar se um determinado ponto (pixel) é realmente a cor desejada, ou classificar a intensidade presente da cor em questão. É inadequado realizar estas tarefas diretamente por meio de uma lógica binária. Por isso, para realizar estas tarefas de classificação e análise de intensidade de forma completa e semelhante aquela utilizada pelo especialista humano, é apresentado na próxima seção a lógica difusa.

## 2.3 LÓGICA DIFUSA

A lógica difusa é considerada uma técnica poderosa capaz de gerar conclusões e respostas a partir de informação vaga, ambígua, qualitativa, incompleta ou imprecisa. Sistemas baseados em lógica difusa tem habilidade de raciocínio similar a dos seres humanos, por meio de regras heurísticas aproximadas, ao invés da lógica tradicional, “é” ou “não é” ([MAC1992]). A figura 2.6 demonstra um exemplo de conjunto difuso na determinação da relação entre temperaturas e o estado febril.

**Figura 2.6:** Exemplo de conjunto difuso para o diagnóstico de febre



Fonte: [MAC1992]

Os primeiros estudos e a formação da teoria dos conjuntos difusos, também chamados de conjuntos nebulosos, foram feitos por Lotfi Zadeh a partir de 1965 [MAR1994]. Eles permitiram uma das primeiras formas de processar dados considerando uma pertinência parcial a um conjunto ao invés de pertinência binária. Conforme [RAB1995], existem em nossa comunicação cotidiana muitas palavras e sentenças com significado não preciso ou vago. Isto acontece porque, tanto quem fala com quem ouve, não necessita de informações mais precisas e está acostumado a lidar com tais tipo de imprecisão. Pode-se citar, a título de exemplo, algumas sentenças: “a temperatura do motor está quente”, “o índice de inflação está subindo rapidamente”, “a taxa de colesterol de Bill está alta”, “o plutônio é extremamente radioativo” ou “Tom é meio alto mas Judy é baixa”, estas sentenças expressam informações imprecisas.

Na modelagem de sistemas, são muito comuns as técnicas de análise quantitativas, baseadas na modelagem matemática que, por meio de uso de símbolos, equações e outras sentenças matemáticas, representam uma certa realidade. No entanto, existem fenômenos complexos ou mal definidos, onde as técnicas de análise convencionais baseadas na manipulação precisa e rigorosa dos dados não são adequados [ROS1995]. Para ser capaz de fazer inferências significativas a respeito do comportamento de tais sistemas, é necessário abandonar o alto rigor e precisão de nossa análise matemática e ser mais tolerantes, pois tal comportamento é aproximado por natureza.

A importância e eficácia da lógica difusa pode ser considerada de grande valia visto a grande gama de aplicações que usam suas técnicas, segundo [KOR1995] podem ser citadas algumas aplicações que a utilizam :

- a) Controle automático de comporta de represa para usinas hidroelétricas;
- b) Controle simplificado de robôs;
- c) Prevenção de mudança de temperatura em sistema de ar-condicionado;
- d) Melhoramento da eficiência e otimização das funções de aplicações de controle industrial
- e) Tecnologia médica: diagnóstico de câncer;
- f) Combinação de lógica difusa e redes neurais;
- g) Reconhecimento de manuscritos, objetos e voz;
- h) Controle de máquinas rápidas e temperatura para usinas de aço;
- i) Melhoramento no consumo de combustível em automóveis;
- j) Melhoramento na sensibilidade e eficiência de controle de elevadores.

### **2.3.1 CONJUNTOS DIFUSOS**

Segundo a teoria dos conjuntos difusos um conjunto não apresenta limites bem definidos, podendo um elemento pertencer parcialmente a ele, ou pertencer a dois conjuntos ao mesmo tempo. O que vai caracterizá-lo será o grau de pertinência, que é a medida que quantifica o grau com o qual este elemento pertence a um determinado conjunto ([MAR1994]). [COX1994] define grau de pertinência como um número entre 0 e 1 que indica o grau de certeza da pertinência de um número a um dado conjunto.

Na teoria clássica dos conjuntos, existe uma função que irá associar determinados valores a seus conjuntos, definindo 0 para os elementos pertencentes e 1 aos que não pertencem ao conjunto. Já na teoria dos conjuntos difusos isto não ocorre, existe uma função característica que é a chamada função de pertinência, onde esta função irá assumir valores no intervalo [0,1] fazendo com que o elemento passe ou não a ser classificado como estritamente pertencente ou não a um dado conjunto. Esta função determina o grau de pertinência do elemento em relação a diferentes conjuntos ([WEL1994]).

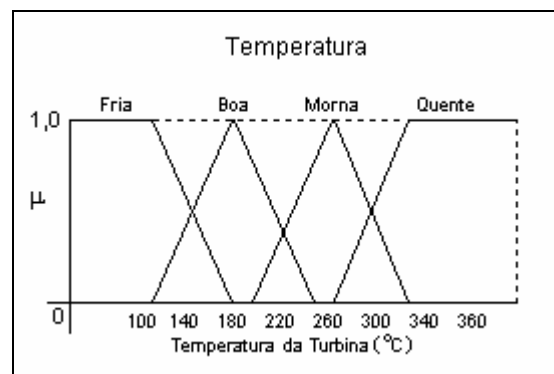
Em [PER1995] o termo difuso é usado em situações em que um conjunto A, definido sobre o universo X, não apresenta seus limites bem definidos:



- a) para aqueles elementos que com certeza pertencem ao conjunto A, é atribuído um grau de pertinência igual a 1;
- b) para os elementos que com certeza não pertencem ao conjunto A, é atribuído um grau de pertinência igual a 0;
- c) para os elementos os quais não se pode afirmar com certeza se pertencem ou não ao conjunto A, é atribuído um valor intermediário, tendendo para 1 quanto maiores forem as razões que se tenha para incluir este elemento no conjunto A.

A figura 2.7 demonstra o gráfico das funções de pertinência dos conjuntos de temperatura fria, boa, morna ou quente de uma turbina de uma determinada máquina.

**Figura 2.7:** Determinação da temperatura de uma turbina



Fonte: [COX1994]

Utilizando o gráfico da figura 2.7, tomando como exemplo a leitura da temperatura em 270 °C, esta não poderia ser caracterizada como quente ou morna, mas sim, como uma temperatura morna tendendo a um certo grau de quente.

### 2.3.2 VARIÁVEIS LINGÜÍSTICAS

As variáveis lingüísticas ou “difusas” são o principal conceito dentro do modelo dos conjunto difusos. A teoria dos conjuntos difusos trata de situações complexas e imprecisas, como é o caso das chamadas de variáveis lingüísticas [COX1994].

Segundo [ZIM1991], uma variável lingüística é uma variável que assume como valores, palavras, ou sentenças numa linguagem natural ou artificial representadas em

conjuntos difusos, sob a forma de restrições associadas aos valores que ela pode assumir. Por exemplo, no conjunto difuso que representa a determinação de diagnóstico para a febre, a variável lingüística febre pode assumir os seguintes valores lingüísticos: pouca febre, levemente com febre e febre alta.

As variáveis lingüísticas possibilitam uma forma de escrever a sentença que representará os conceitos relacionados podendo ser usado num sistema baseado em regras para tomar decisões e assim expressando o significado usado por especialistas nos casos aplicados.

Em [ROS1995] cita-se que uma variável lingüística difere de uma variável numérica já que seus valores não são números mas palavras ou sentenças em uma linguagem natural. Já que palavras, em geral, são menos precisas que números, o conceito de variável lingüística serve de propósito de prover um meio de aproximar caracterizações de fenômenos, os quais são muito complexos ou mal definidos quando descritos em termos quantitativos convencionais.

### **2.3.3 FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA**

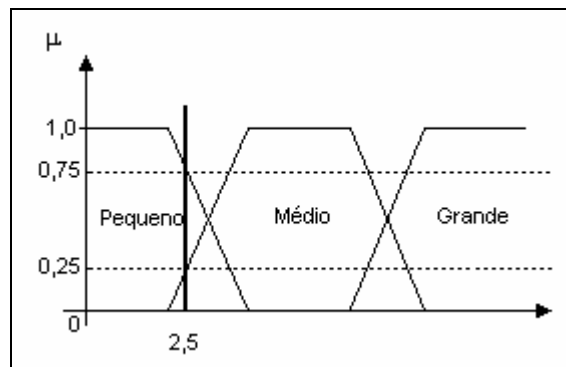
Conforme [HEC1998], o componente crucial de um conjunto difuso é sua função de pertinência, a qual expressa o quanto cada objeto pertence ao conjunto. Assim, as operações sobre conjuntos difusos são definidas via função de pertinência. Por exemplo, um conjunto difuso  $A$ , é caracterizado por uma função de pertinência  $\mu_A$ , que associa a cada elemento  $u$  do conjunto universo, um número  $\mu_A(u)$  que representa o grau de pertinência do elemento ao conjunto difuso  $A$ .

Para [WEL1994], funções de pertinência são mecanismos através dos quais conjuntos difusos interagem com o mundo real. O domínio de uma função de pertinência é o conjunto de valores possíveis para uma dada variável. O limite, ou possibilidade de valores de saída de uma função de pertinência está no intervalo  $[0,1]$ , e é compreendido como o conjunto de todos os números reais entre 0 e 1, inclusive. A forma triangular é a mais comum na construção de uma função de pertinência, mas a trapezoidal e a exponencial são também utilizadas. Funções mais complexas são possíveis mas exigem uma capacidade computacional maior.

A figura 2.8 demonstra um exemplo empregando a função trapezoidal, onde  $x$  representa o número de ocorrências de uma determinada cor (em milhares de pixels) numa foto qualquer. A ocorrência pode ser caracterizado como sendo:

- a)  $\mu_{\text{pequeno}}(x) = (4-x)/2$  se  $2 < x < 4$ , 0 se  $x \geq 4$  e 1 se  $x \leq 2$ ;
- b)  $\mu_{\text{médio}}(x) = (x-2)/2$  se  $2 < x < 4$ ,  $(8-x)/2$  se  $6 < x < 8$ , 0 se  $2 \geq x \geq 8$  e 1 se  $4 \leq x \leq 6$ ;
- c)  $\mu_{\text{grande}}(x) = (x-6)/2$  se  $6 < x < 8$ , 0 se  $x \leq 6$  e 1 se  $x \geq 8$ .

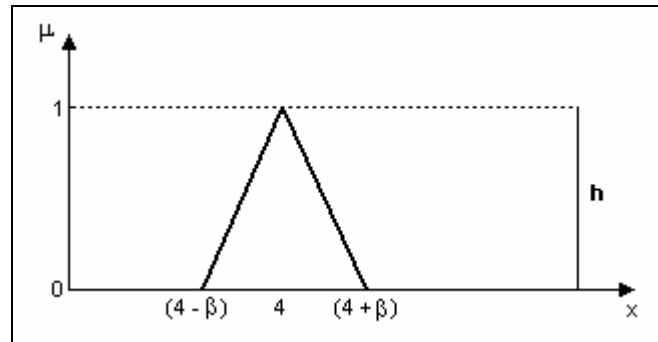
**Figura 2.8:** Exemplo de função de pertinência



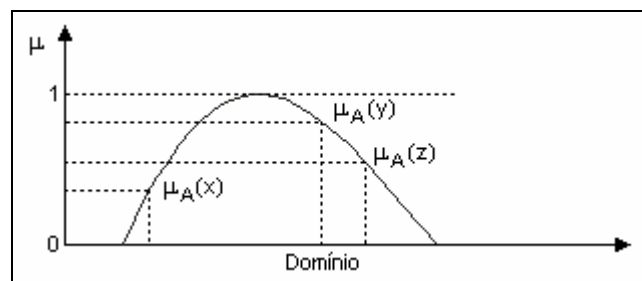
Utilizando o gráfico da figura 2.8 como exemplo, assumindo o valor de  $x$  igual a 2,5, tem-se um valor que está contido no conjunto difuso pequeno com uma pequena tendência a médio. Para ser mais exato,  $x$  pertence ao conjunto difuso pequeno com um grau de pertinência igual a 0,75, e ao conjunto médio com um grau de pertinência de 0,25.

### 2.3.4 NÚMEROS DIFUSOS

Para [PER1995], um número difuso é um conjunto difuso que simultaneamente é convexo e normalizado. Um conjunto difuso é dito normalizado quando sua altura for 1. A altura ( $h$ ) do conjunto é o limite superior do próprio conjunto [PAC1991]. A figura 2.9 demonstra um conjunto difuso normalizado.

**Figura 2.9:** Conjunto difuso de números reais próximos de 4

Para [ROS1995], um conjunto difuso convexo é descrito por uma função de pertinência cujos valores de pertinência são crescentes, ou decrescentes, ou ainda crescentes e decrescentes a medida que se incrementa os valores para os elementos no domínio. Em outras palavras, para quaisquer elementos  $x$ ,  $y$  e  $z$  pertencentes ao conjunto difuso  $A$ , a relação  $x < y < z$  implica que  $\mu_A(y) \geq \min[\mu_A(x), \mu_A(z)]$ . Abaixo a figura 2.10 mostra um conjunto difuso convexo.

**Figura 2.10:** Conjunto difuso convexo

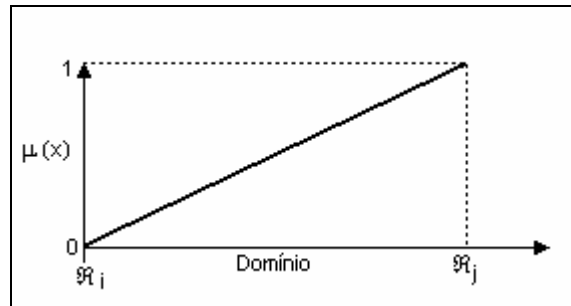
Segundo [COX1994] um exemplo de número difuso são as expressões “aproximadamente 5” ou “próximo de 5”. Um número difuso representa uma aproximação de algum valor e normalmente proporciona um conjunto melhor para trabalhar que outras técnicas utilizadas.

### 2.3.5 REPRESENTAÇÕES LINEARES

Conforme [COX1994], a representação linear de um conjunto difuso talvez seja a mais simples das representações, e muitas vezes pode ser uma boa escolha quando a

representação de imprecisão ou aproximação não é dada por um número difuso. Existem dois estados de um conjunto difuso linear. O conjunto difuso crescente inicia com seu domínio e grau de pertinência em zero e vai aumentando seu grau de pertinência a medida que o domínio vai sendo incrementado. O maior valor a direita do domínio é o maior grau de pertinência do conjunto difuso. Na figura 2.11 este conjunto é ilustrado graficamente.

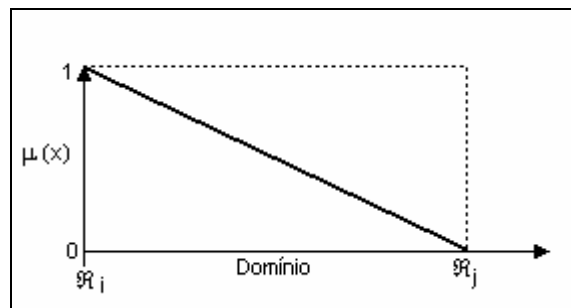
**Figura 2.11:** Conjunto difuso crescente



Fonte: [COX1994]

O conjunto difuso decrescente é exatamente o oposto do crescente, onde o maior grau de pertinência está quando o domínio de encontra em 0 e a medida que o domínio vai aumentando o grau de pertinência diminui proporcionalmente. A figura 2.12 exemplifica esta representação do conjunto.

**Figura 2.12:** Conjunto difuso decrescente



Fonte: [COX1994]

## **3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

### **3.1 INTRODUÇÃO**

O objetivo do trabalho é ilustrar a possibilidade de automatização do processo de classificação da intensidade e nível de ocorrência de cores em imagens de fotos Kirlian. A aplicação escolhida é a interpretação de fotos Kirlian, que requer este tipo de atividade, combinada com um processo de diagnóstico que pode ser formalizado sob a forma de regras.

O protótipo a ser implementado destina-se ao diagnóstico de aspectos psicológicos com base na análise da presença da cor rosa na foto (quantidade e intensidade). Esta análise pressupõe a classificação qualitativa desta presença em: excessivo, normal, fraco ou ausente. Para viabilizar esta classificação adotou-se o padrão RGB e um processo classificatório baseado em conjuntos difusos. A seguir, são descritas a especificação do sistema e as etapas necessárias ao processo de classificação citado e do correspondente diagnóstico.

### **3.2 ESPECIFICAÇÃO DO PROTÓTIPO**

Foi utilizada como metodologia de especificação do protótipo a prototipação. Como o objeto do protótipo é processar imagens armazenadas em arquivos do formato .BMP, não requer nenhuma base de dados adicional, pois o conhecimento necessário para o diagnóstico das fotos está implementado em seus algoritmos.

Portanto, por não ser encontrado na literatura pesquisada um tratamento específico para a aplicação do protótipo, a metodologia citada representa uma boa solução para o problema.

#### **3.2.1 METODOLOGIA UTILIZADA**

Existem várias metodologias de prototipação de sistemas, porém baseadas em duas abordagens principais: a descartável e a evolutiva ([COS1993]).

A prototipação descartável realiza um estudo que será descartado no final da sua construção. Na prototipação evolutiva, o produto final da prototipação será o próprio sistema, na sua forma mais aperfeiçoada. No modelo utilizado como protótipo, serão realizadas as consistência e implementações até a finalização, implementação do sistema ([MAC1997]).

Segundo Machado [MAC1997], a prototipação evolutiva é usada na identificação gradual do problema e na construção de modelos concretos, adaptados e corrigidos a medida que o usuário e o analista conhecem a realidade e a solução do problema. Utilizou-se da prototipação evolutiva no desenvolvimento do protótipo.

### **3.3 ANÁLISE DE REQUISITOS**

A análise e diagnóstico de uma foto Kirlian, na área psicológica, implica no cumprimento dos seguintes requisitos:

- a) Análise das cores existentes na foto;
- b) Determinação de sua intensidade;
- c) Detecção de falhas na foto;
- d) Reconhecimento da ocorrência de padrões específicos;
- e) Análise do formato das estrias.

No presente protótipo será demonstrada a viabilidade de atendimento dos dois primeiros requisitos, que são suficientes para o diagnóstico no caso de serem consideradas análises de certo perfil psicológico da pessoa kirliangrafada. Para automatizar essa tarefa é preciso reconhecer a existência das várias tonalidades de uma cor e classificar sua intensidade. A cor a ser analisada, para ilustrar a aplicabilidade da estratégia proposta, é a rosa, que dependendo de sua ocorrência, pode mudar o diagnóstico psicológico da pessoa cuja foto Kirlian é analisada. A classificação de uma foto e seus respectivos diagnósticos são demonstrados no quadro 3.1.

**Quadro 3.1:** Diagnósticos possíveis

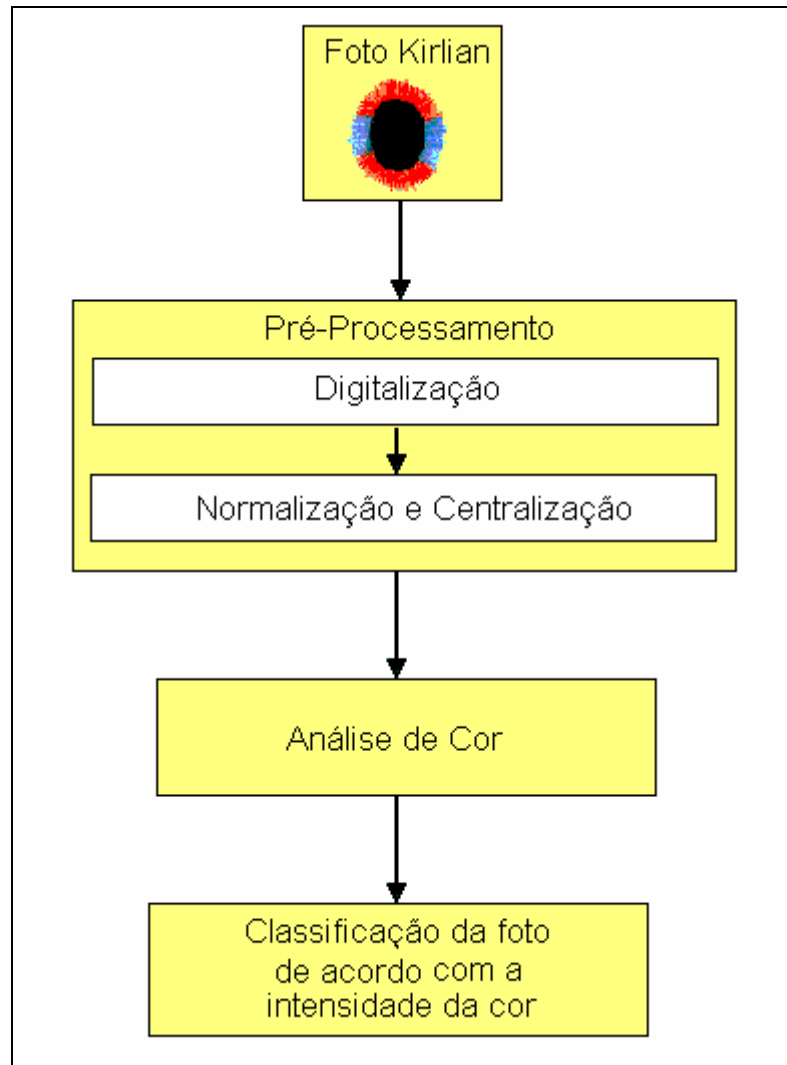
<b>Cor Rosa</b>	<b>Diagnóstico</b>
<b>Excessiva</b>	Pessoa hiperativa, com tendência a agressividade, à tensão ou exaltação, muito embora possa apresentar um razoável equilíbrio psíquico-emocional. Na conceituação oriental, a pessoa apresenta excesso de “Yang”
<b>Normal</b>	Na conceituação oriental, a pessoa apresenta equilíbrio “Yin/Yang” muito embora possa apresentar algum desequilíbrio psíquico-emocional
<b>Fraca</b>	Tendência a apatia, estado depressivo, relativa morbidez. Na conceituação oriental está pessoa apresenta desequilíbrio “Yin/Yang” com predomínio “Ying”
<b>Ausente</b>	Pessoa apática, enorme sentimento de menos valia a um estado de relativa morbidez. Em alguns casos, a pessoa encontra-se em dieta vegetariana apresentando fotos muito azuladas com pouquíssimo ou mesmo nenhuma coloração rosa. Na conceituação oriental a pessoa kirliangrafada apresenta excesso de “Yin” e ausência de “Yang”

Uma cor possui variação em sua tonalidade em algumas imagens, e está variação deve ser considerada para não serem confundidas dentro de um mesmo conjunto, cores diferentes que aparentemente são as mesmas. Está análise torna-se bastante imprecisa e exige uma tecnologia adequada para sua automatização, ressaltando ainda mais o uso da lógica difusa para sua determinação.

### 3.4 APRESENTAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO

As fotos Kirlian, serão observadas sob o aspecto psicológico, considerando uma das características que é a ocorrência da cor rosa. A foto é analisada de forma total, pixel a pixel, após ser digitalizada. Cada pixel, possui uma informação que indica qual o valor RGB dele, e assim determinando qual a sua cor. Com isso, a primeira etapa a ser colocada sob a análise é a intensidade de cor rosa de cada pixel. Com base nesta etapa, é montada a distribuição de frequência da ocorrência da cor rosa de acordo com sua pertinência, para posterior classificação. A figura 3.1 demonstra o esboço geral do sistema.



**Figura 3.1:** Especificação geral do sistema

Conforme a estrutura mostrada na figura 3.1, na próxima seção é detalhado a lógica de funcionamento de cada etapa.

### 3.4.1 LÓGICA DE FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

As fotos Kirlian apresentadas seguem o padrão do Prof. Newton Milhomens. Para a análise psicológica é preciso apenas uma foto do dedo indicador da mão direita, e as fotos são retiradas em um filme e reveladas por meios tradicionais de fotografia.

Após a foto estar disponível, segue o seu pré-processamento. Esta etapa está subdividida em outras duas: digitalização da foto, centralização e normalização. No processo

de digitalização, as fotos Kirlian são capturadas através de um scanner, obtendo-se uma imagem de 265 x 396 pixels, no formato BMP. Na normalização e centralização da imagem, é feita a preparação da foto Kirlian, para que todas estejam em um mesmo padrão. Este processo deve ser realizado por um editor de imagens, que seja compatível com o formato BMP. É necessário a realização da normalização e centralização para que não ocorram casos onde fotos de vários tamanhos, ou de escalas diferente, sejam comparadas. Após esta etapa a imagem está preparada para o início de sua classificação.

Na análise de cor, ocorre a extração da distribuição de frequência de cores. Cada pixel é analisado individualmente, e determinado o grau de pertinência para ele com relação ao conjunto difuso correspondente a cor escolhida. Caso exista uma pertinência não nula ( $\mu > 0$ ), o seu valor é separado e o pixel correspondente ao valor encontrado é agrupado ao conjunto de pixels com o mesmo grau de pertinência, formando um contador de pixels para cada grau de pertinência achado. Depois que toda imagem é percorrida, monta-se a distribuição do número de ocorrências de pixels para cada grau de pertinência, chamado de *distribuição de frequência*. Tendo a distribuição de frequência da foto, é preciso compará-la com uma distribuição padrão, pré-definida, para encontrar semelhanças e assim determinar a que grupo ela se enquadra, classificando, portanto, sua intensidade de cor. Isto é realizado na etapa seguinte.

A última etapa é a classificação da foto com relação à intensidade e quantidade da cor analisada. Neste ponto é decidido em qual padrão a foto se enquadra : excesso da cor, ou ocorrência normal de cor, fraca ocorrência ou ausência da cor em questão. São comparadas a distribuição de frequência da foto da pessoa kirliangrafada com as distribuições de frequências de cada um dos padrões considerados (excessiva, normal, fraca ou ausente). No padrão que a foto mais se “encaixar”, ela será classificada. Esta comparação é feita com base na comparação da distribuição com as distribuições padrões. A definição da distribuição de frequência padrão é tratada na seção calibração do sistema e o funcionamento da classificação da imagem em classificação da foto.

### 3.5 DEFINIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS

Para realizar todo o processo de classificação da foto, alguns procedimentos tiveram que ser definidos. A seguir, são descritos os procedimentos essenciais ao desenvolvimento do protótipo.

#### 3.5.1 DEFINIÇÃO DO GRAU DE PERTINÊNCIA DA COR

Para definir o grau de pertinência da cor de um determinado pixel, com relação ao conjunto difuso correspondente a uma cor específica, adotou-se como referência a distância euclidiana para a cor padrão um ponto arbitrado no espaço RGB. Isto é explicado por tratar-se de um sistema em três dimensões (R,G,B) onde a distância é o espaço entre o valor do ponto (pixel) analisado e o ponto de referência, que é a cor específica. Quanto maior está distância, menor a pertinência da cor em questão. A distância euclidiana é definida pela função mostrada no quadro 3.2.

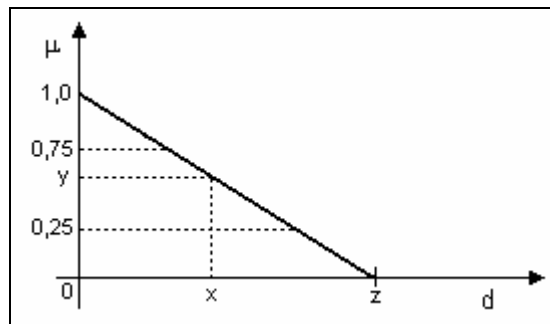
**Quadro 3.2:** Fórmula da distância euclidiana

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

Onde  $(x_1, y_1, z_1)$  são as coordenadas do ponto considerado e  $(x_2, y_2, z_2)$ , as da cor padrão.

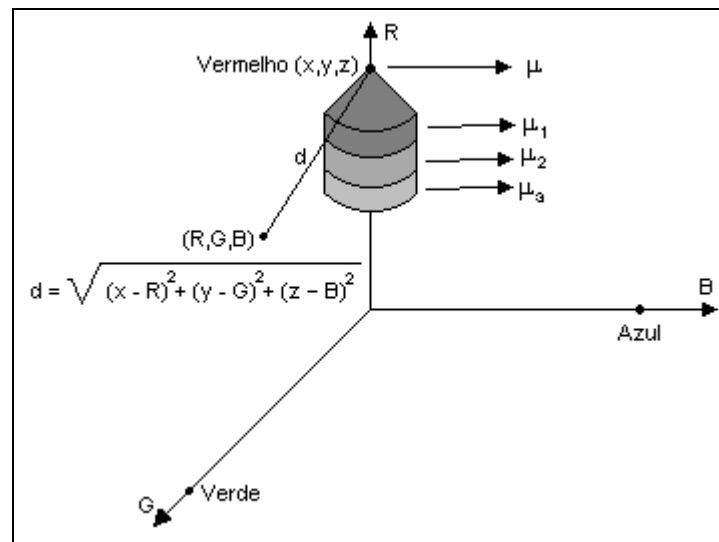
A figura 3.2 demonstra o gráfico da definição da pertinência a partir da distância euclidiana, onde  $x$  é o valor calculado da distância euclidiana de um dado pixel,  $y$  a sua pertinência a cor considerada e  $z$  o limite da cor.

**Figura 3.2:** Definição da pertinência da cor de um pixel



Com base nessa estratégia é definido um limite no espectro de cores RGB correspondente a cor referida. O limite da cor, ou seja, o ponto no espectro de cores onde a cor observada deixa de representar a mesma, é arbitrado. A figura 3.3 ilustra o exemplo do espectro de cores para a determinação da cor vermelha e da aplicação da distância euclidiana. Onde  $\mu$  é a pertinência para o ponto  $(x, y, z)$ , que pode ser traduzido como *vermelho mais pertinente*, ou *vermelho mais forte*. Assim, conclui-se que  $\mu_3 < \mu_2 < \mu_1 < \mu$ . A distância euclidiana é calculada com base no ponto  $(x, y, z)$  e o ponto  $(R,G,B)$  que corresponde ao pixel lido.

**Figura 3.3:** Espectro de cores RGB para o vermelho



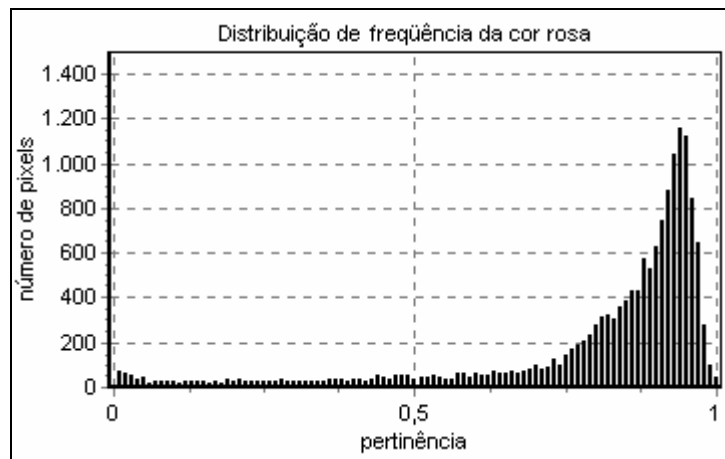
Um determinado ponto no espectro de cores RGB que corresponde a cor em questão terá o grau de pertinência igual a zero se a distância euclidiana for maior que a referente ao limite da cor. Significando que estes pontos não farão parte do conjunto da cor estudada.

### 3.5.2 DEFINIÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA

Para definir a distribuição de frequência, e representá-la por meio de um histograma de frequências, de uma determinada cor em uma imagem, é levado em consideração todos os pontos (pixels) que alcançaram um grau de pertinência entre 0,01 e 1, inclusive. Esta faixa é dividida em intervalos de 0,01, perfazendo 100 divisões. Nestas divisões, são agrupados os pixels de mesma pertinência, e assim definindo a frequência que aparecem na foto. Por

exemplo, na análise de quatro pontos. Um determinado ponto A, aplicado a função de pertinência alcançou o grau 0,50, um ponto B teve 0,69 de pertinência e outros dois pontos C e D, também chegaram ao 0,50. O agrupamento dos pixels com grau de pertinência 0,50 chegaria a três ocorrências e com grau 0,69 chegaria a uma ocorrência apenas. Isto, na análise de uma imagem com uma média de 10.000 pontos (100 X 100 pixels), ajuda a definir a ocorrência e intensidade da cor, sendo uma espécie de mapa da imagem. Um histograma de frequência para uma imagem com a ocorrência excessiva de pontos cor rosa pode ser igual ao exemplo dado na figura 3.4.

**Figura 3.4:** Exemplo de distribuição de frequência



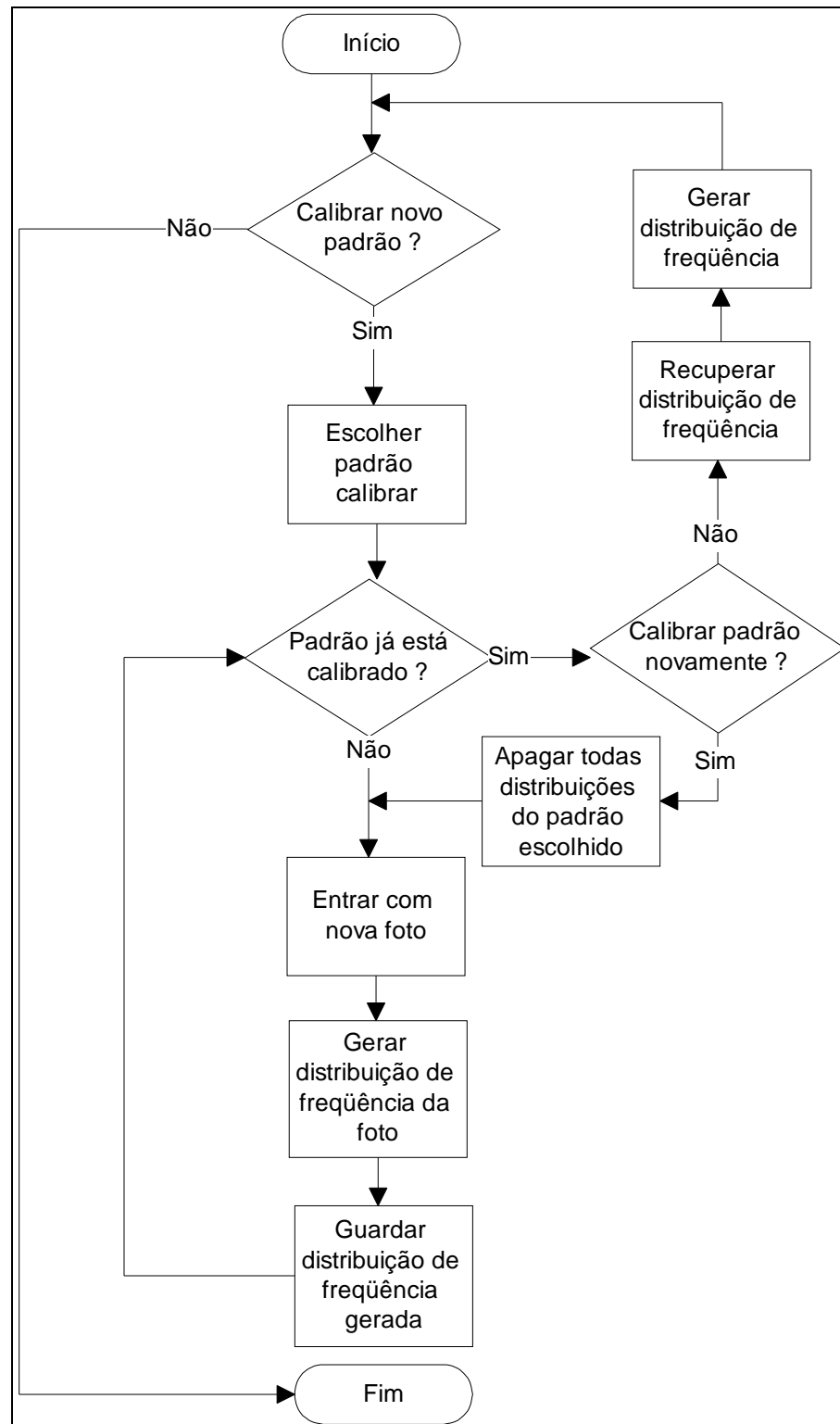
A distribuição de frequência apresentada foi retirado de uma imagem com uma definição de 224 X 247 pixels, e como já foi citado apresenta uma grande ocorrência da cor rosa. Este histograma, será útil nos próximos passos, para a definição do treinamento do sistema e também para a classificação da foto.

### 3.5.3 CALIBRAÇÃO DO SISTEMA

A classificação da foto Kirlian é realizada a partir da comparação da foto com um determinado padrão. Cada modelo padrão, representa uma determinada referência, ou seja, uma foto com excesso de cor rosa, terá uma referência padrão, assim como para fotos com normal, fraca, e ausência de cor rosa também. Esta referência padrão é uma distribuição de frequência que representa um conjunto específico.

Para definir estas referências, é preciso que o especialista calibre o sistema. É escolhido no sistema qual o padrão que será calibrado, e então informado uma série de entradas, fotos, para as quais se tem 100% de certeza que se encaixam no padrão desejado, para cada padrão entrado, é montado a sua distribuição de frequência. Ao final do processo de calibração, baseado em todos os padrões fornecidos, é feita a média das distribuições e gerado a distribuição de frequência padrão. Este processo é ilustrado na figura 3.5.

**Figura 3.5:** Fluxograma do processo de calibração do sistema



Após definido a distribuição de freqüência para cada tipo de foto, o sistema já está pronto para dar um diagnóstico kirliangráfico a partir da classificação das fotos.

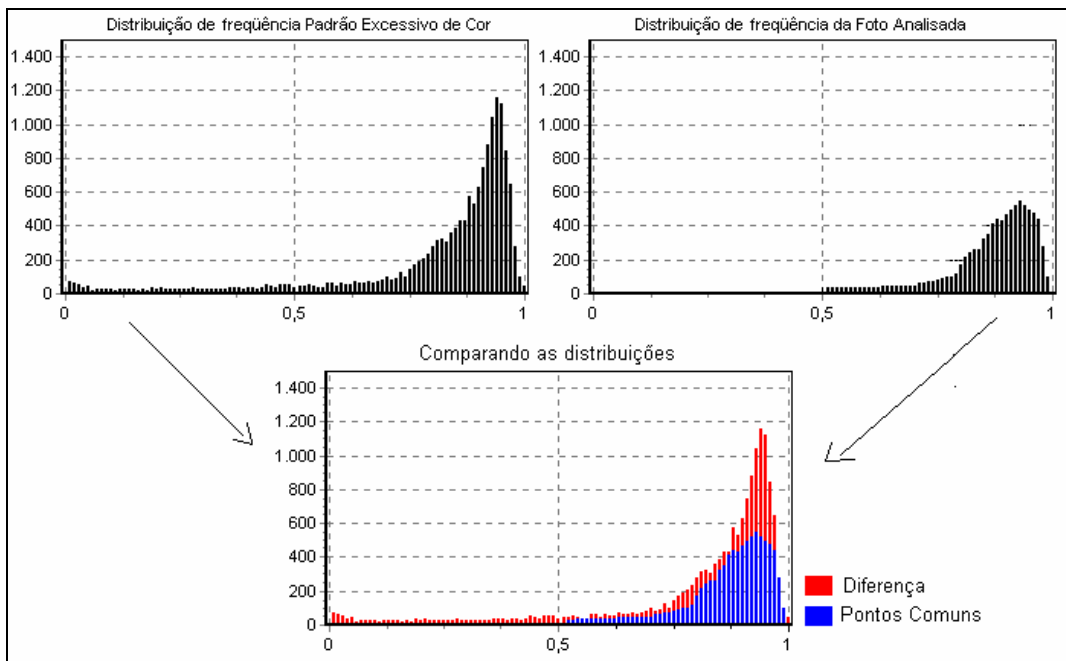
### 3.5.4 CLASSIFICAÇÃO DA FOTO

A conclusão de todo o diagnóstico, baseado nas fotos Kirlian, é realizado na classificação da distribuição de frequência. Neste processo é feita a comparação da distribuição de frequência resultante da foto Kirlian da pessoa kirliangrafada com a distribuição padrão de cada conjunto. A comparação entre as distribuições é dada da seguinte forma: a distribuição de frequência mais próximo é aquela que tiver menor diferença total, esta diferença total é calculada pela soma total de pixels, menos duas vezes os pontos comum da distribuição de frequência para cada pertinência possível. No quadro 3.3 é demonstrado um exemplo do cálculo da diferença entre as curvas da distribuição de frequência para a pertinência 0,5. Esta a diferença é visualizada na figura 3.6.

**Quadro 3.3:** Exemplo de cálculo da diferença entre curvas

Total pixels pertinência 0,5 = 200 (Padrão Excessivo)
Total pixels pertinência 0,5 = 150 (Pessoa Kirliangrafada)
Soma = 350    Pontos em Comum = 150
Diferença = $350 - 2 \times (150) = 50$

**Figura 3.6:** Exemplo da diferença entre distribuições





Este processo é feito para cada pertinência e a soma dos valores da diferença, encontra-se a diferença total. A foto será classificada com base na menor diferença total encontrada entre o padrão e a distribuição analisada, ou seja o padrão para o qual a curva analisada apresentar a menor diferença é o resultado da classificação. Utilizando esta estratégia, fica clara a idéia de independência da cor a ser analisada, ou seja, qualquer cor que for configurada, poderá ser classificada. Existindo os padrões para a cor que se deseja classificar, e a distribuição de frequência da foto analisada, pode-se comparar a intensidade de qualquer cor, desde que sejam as mesmas cores observadas na calibração do sistema e na classificação da foto.

## **3.6 IMPLEMENTAÇÃO**

Nessa seção são feitas algumas considerações sobre as técnicas e ferramentas utilizadas para fazer a implementação a partir da especificação.

### **3.6.1 DELPHI**

O ambiente de desenvolvimento escolhido para a implementação do protótipo foi o *Delphi 3.0 (Borland)*, tendo em vista a familiaridade do autor do trabalho com este ambiente e sua adequação as necessidades mínimas para a implementação dos procedimentos já citados.

#### **3.6.1.1 CARACTERÍSTICAS**

Duntemann ([DUN1995]), Rubenking ([RUB1995]) e Matcho ([MAT1996]) descrevem algumas características do Delphi:

- a) descendente do Turbo Pascal;
- b) programação orientada a objetos;
- c) programação baseada em eventos;
- d) linguagem compilada e não interpretada;
- e) desenvolvimento rápido de aplicações (RAD);
- f) padrão SQL em banco de dados;
- g) conectividade através de ODBC.

O Delphi contém um conjunto de recursos que vai desde seu criador de formulários (*Form Designer*) até o suporte transparente a todos os formatos mais comuns de banco de dados. Alguns dos principais recursos segundo [MAT1996]:

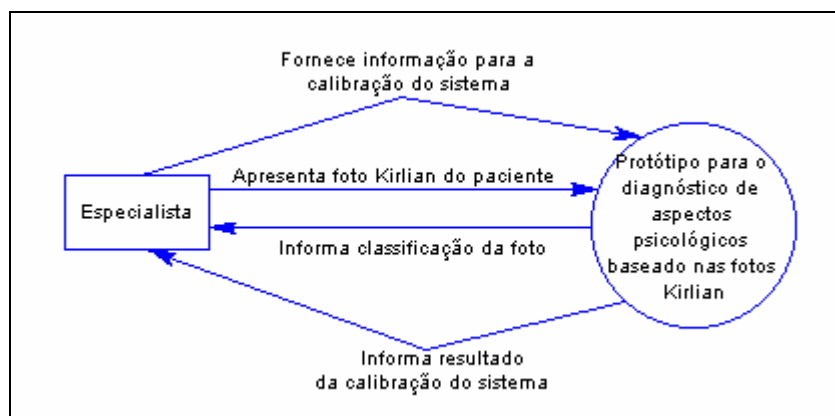
- a) componentes reutilizáveis e ampliáveis;
- b) suporte a OCX;
- c) modelos de aplicativos e de formulário;
- d) ambiente personalizado de desenvolvimento;
- e) programas compilados;
- f) recursos eficientes de acesso a dados;
- g) criação de bibliotecas de funções, as DLLs;
- h) assistente para criação de formulários.

Entre os recursos citados acima, destacam-se dois: os componentes reutilizáveis e ampliáveis; e a criação de DLLs, pois com o surgimento dos mesmos aprimoraram-se as formas de programação em módulos ([MAT1996]).

### 3.6.2 DIAGRAMA DE CONTEXTO

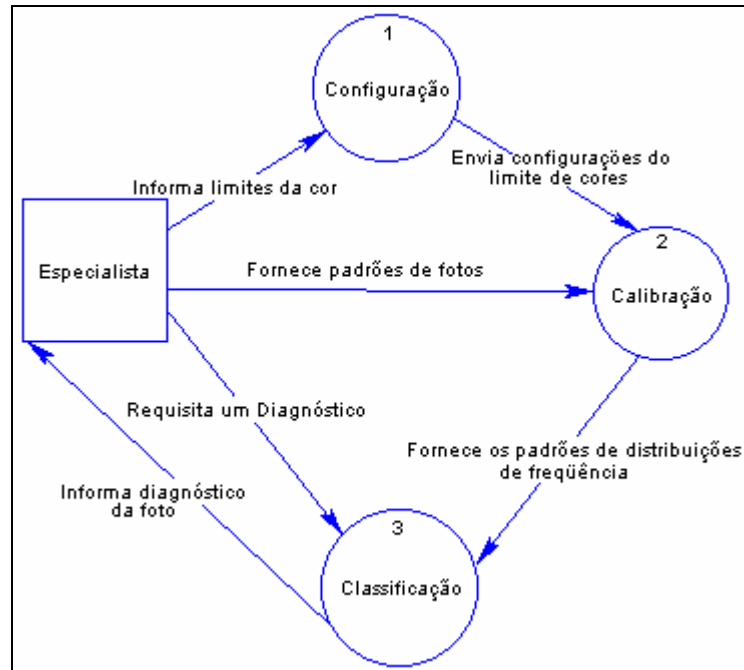
Para ilustrar de uma forma mais estruturada as etapas e funcionamento do protótipo, segue o diagrama de contexto da figura 3.7.

**Figura 3.7:** Diagrama de contexto geral do protótipo



Um detalhamento do diagrama acima é apresentado na figura 3.8.

**Figura 3.8:** Diagrama de contexto detalhado do protótipo



### 3.6.3 OPERACIONALIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO

A tela principal do protótipo apresenta as seguintes opções: Configurar, Calibrar, Novo Diagnóstico e Classificar. Se algum dos padrões de foto não estiverem calibrados, as últimas duas opções aparecem desabilitadas [figura 3.9].

**Figura 3.9:** Tela inicial do protótipo

A seguir são detalhadas todas as opções do software.

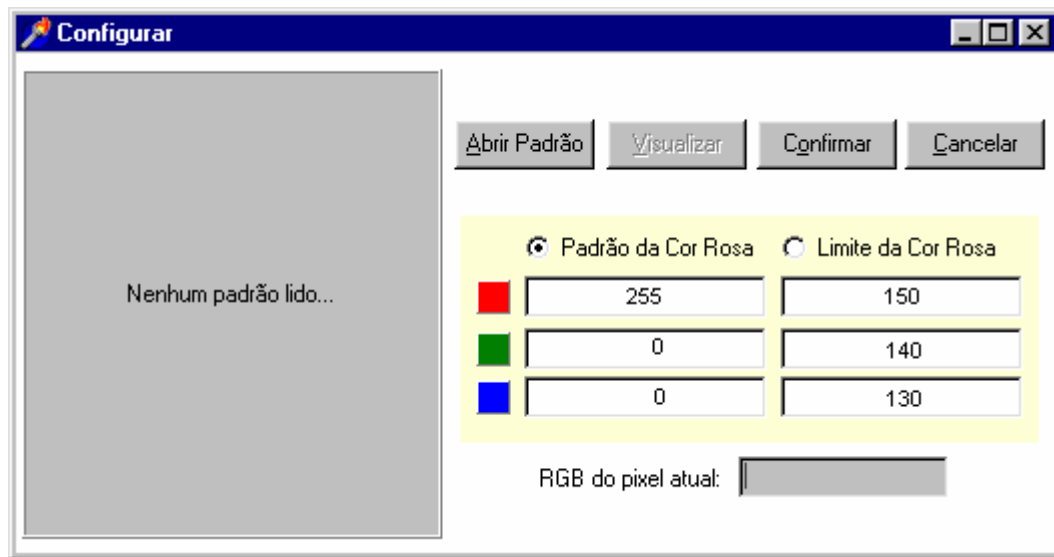
### 3.6.3.1 OPÇÃO CONFIGURAR

Nesta opção são configuradas as informações necessárias para iniciar o processo de interpretação e classificação da imagem. Ao escolher a opção configurar, a tela da figura 3.10 será exibida.

As configurações informadas nesta tela, referem-se aos limites da cor que se deseja reconhecer. Este limite irá determinar o subconjunto do espectro de cor RGB que são considerados na análise da imagem. A tela configurar possui quatro botões de função, uma área para ser informado os valores RGB do padrão da cor rosa e para o seu limite, e uma área onde pode-se visualizar uma imagem que servirá de modelo para a escolha da cor. Os valores RGB são informados manualmente ou escolhidos a partir de um padrão lido. Indica-se na própria imagem carregada, qual a cor padrão e qual o limite dela, clicando com o mouse na área específica. Os valores do RGB do pixel que foi escolhido serão transferidos para os campos, ou do padrão da cor rosa ou limite da cor rosa, dependendo da opção que estiver selecionada. As funções dos botões são descritas no quadro 3.4.

**Quadro 3.4:** Funções dos botões da tela configurar

<b>Botão</b>	<b>Função</b>
Abrir Padrão	Abre um padrão existente para especificar uma cor. Este padrão pode ser uma foto Kirlian qualquer, ou uma imagem que contenha a cor a configurar
Visualizar	Se um padrão não estiver lido, esta opção aparecerá desabilitada. Identifica no padrão carregado, as áreas (cores) que serão consideradas na análise da imagem, de acordo com os valores RGB informados
Confirmar	Atualiza as informações alteradas, fechando a tela de configuração
Cancelar	Cancela as alterações efetuadas, fechando a tela de configuração

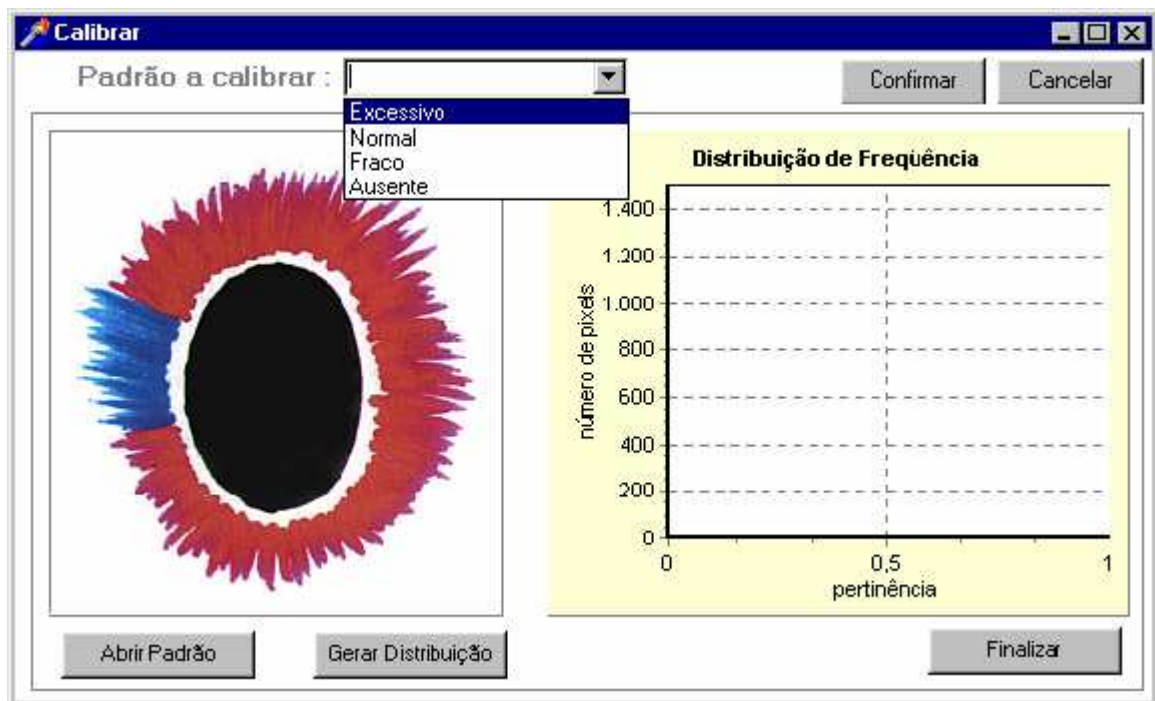
**Figura 3.10:** Tela de configuração do sistema

Depois de configurado, o sistema já tem definido a função para encontrar o grau de pertinência da cor de qualquer pixel que será analisado. A seguir é descrita a tela de calibração do sistema.

### 3.6.3.2 OPÇÃO CALIBRAR

Somente com o sistema calibrado, é possível realizar a classificação da imagem. Para realizar este processo é recomendado que se tenha no mínimo, duas fotos Kirlian modelo para cada padrão a ser calibrado, assim o processo de classificação terá melhor desempenho e resposta mais precisa. Ao pressionar o botão Calibrar na tela principal, é exibido a tela da figura 3.11.

**Figura 3.11:** Tela da opção calibrar do protótipo



Na parte superior da tela calibrar, existe uma lista de opções para escolher o padrão que será calibrado. Este é o primeiro passo para iniciar o processo. Depois de escolhido, deve-se fornecer os padrões para o sistema e para cada padrão gerar a distribuição de frequência. Ao pressionar o botão Abrir Padrão, é possível escolher a imagem que servirá de entrada para o sistema. Assim que a imagem estiver lida, gera-se a sua distribuição de frequência pressionando o botão Gerar Distribuição. Esta distribuição é mostrada no gráfico ao lado. Este processo deve ser repetido até que não se tenha mais fotos modelo para o padrão que está sendo calibrado. Depois disto, ao pressionar o botão Finalizar, é feita a média de todas as distribuições de frequência resultantes e gerado a distribuição de frequência do padrão escolhido, que será usada na comparação com uma foto Kirlian de um paciente no processo de classificação. Do mesmo modo, para todas os outros padrões é repetido estes passos e ao

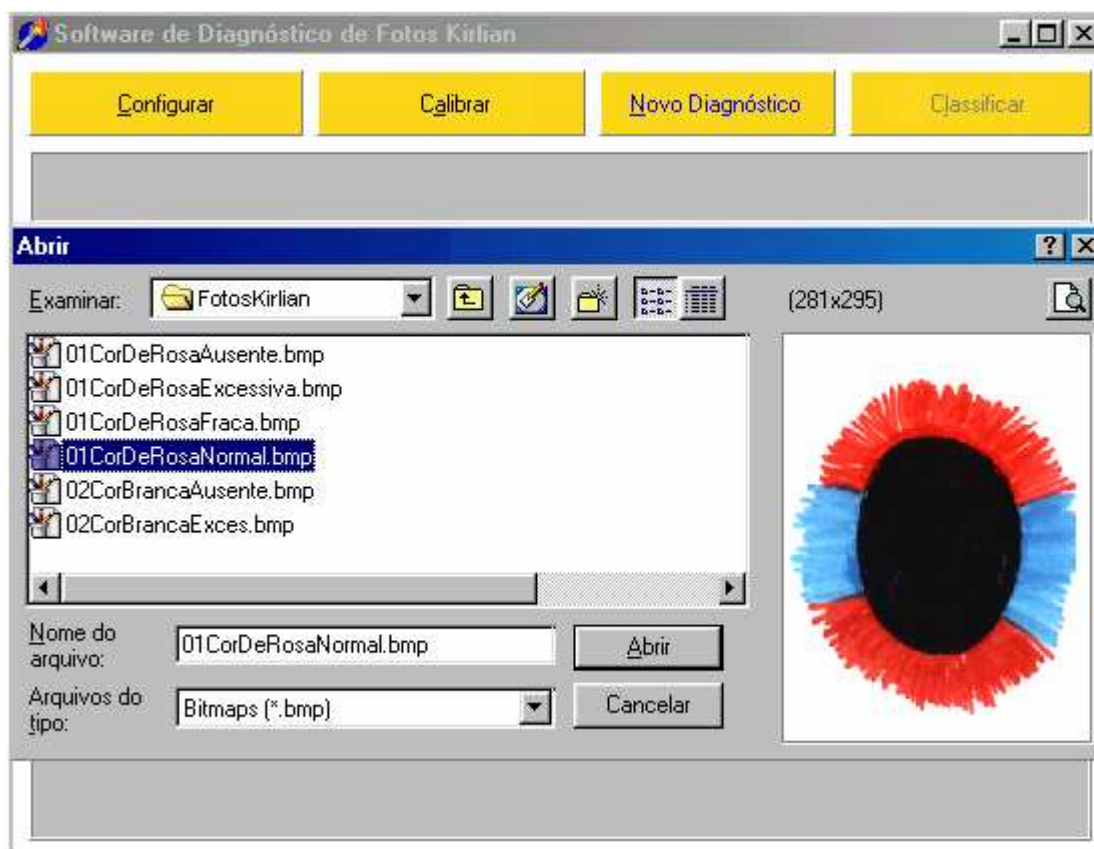
final de todos eles, para confirmar a calibração pressiona-se o botão Confirmar, ou para cancelar pressiona-se o botão Cancelar.

Após todos os padrões de foto estiverem calibrados, a opção Novo Diagnóstico da tela principal ficará habilitada. Esta opção é detalhada na seção seguinte.

### **3.6.3.3 OPÇÃO NOVO DIAGNÓSTICO**

Para abrir uma nova foto e iniciar o seu processo de diagnóstico, deve-se pressionar o botão Novo Diagnóstico. Uma caixa de diálogo irá abrir e pedir o arquivo que contém a imagem da foto Kirlian do paciente. O formato do arquivo aceito é BMP [figura 3.12]. Quando a foto for encontrada e carregada, o sistema estará pronto para iniciar o processo de classificação e a última opção do menu principal é ativada. Esta opção é descrita abaixo.

**Figura 3.12:** Tela de escolha de uma nova foto para diagnóstico



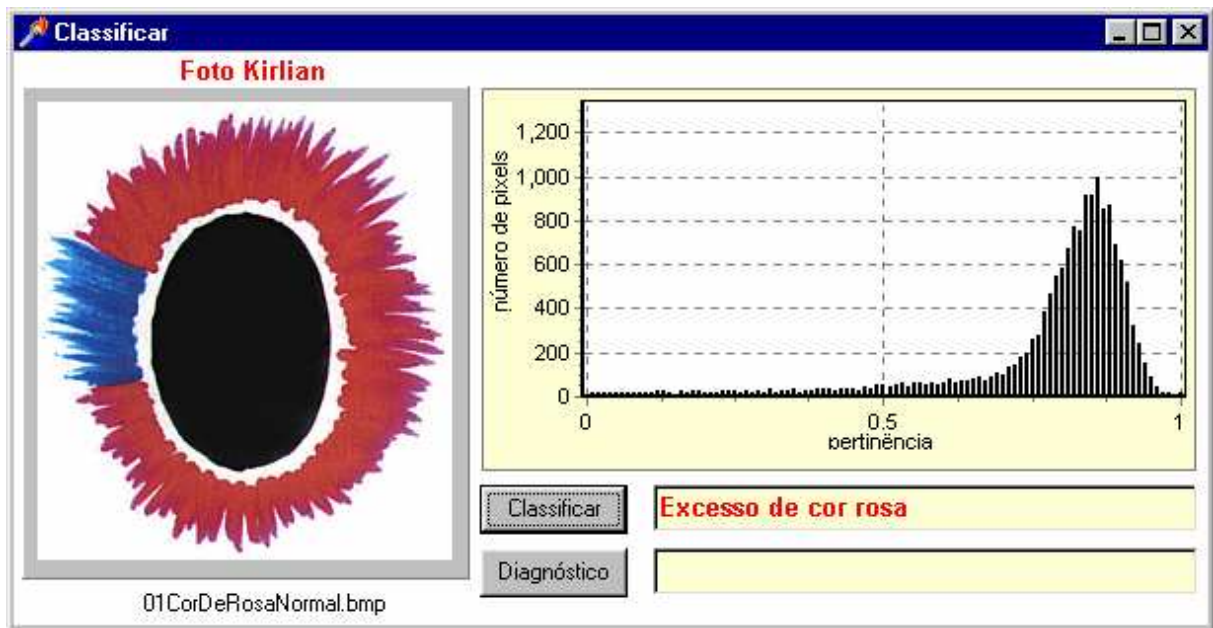
### 3.6.3.4 OPÇÃO CLASSIFICAÇÃO

O último passo é a classificação da foto. Ao pressionar o botão Classificar, a seguinte tela é mostrada [figura 3.13].

Para realizar a classificação da foto que foi escolhida na opção Novo Diagnóstico, e é mostrada no quadro da parte esquerda da tela Classificar [figura 3.13], é preciso apenas pressionar o botão Classificar. O sistema a partir daí irá gerar a distribuição de frequência para a foto e irá comparar esta distribuição de frequência com os padrões que foram calibrados, de acordo com as especificações definidas nas seções anteriores. A distribuição que se assemelhar, ou ser igual, a algum dos padrões existentes, será então classificada como pertencente ao conjunto encontrado. Para saber qual o diagnóstico da foto, basta escolher a opção Diagnóstico, e no campo abaixo do resultado da classificação, irá ser mostrado a sua descrição.



Figura 3.13: Tela da opção classificar do protótipo



Esta é a última etapa do processo do diagnóstico/classificação da foto. Para escolher uma nova foto para realizar sua classificação deve-se novamente escolher a opção Novo Diagnóstico.

## 4 CONCLUSÃO

A automação de processos que envolvem a interpretação de características ou fenômenos em imagens, ganham importância quando abrangem áreas multidisciplinares, traz benefícios a área aplicada, principalmente em processos que envolvem diagnóstico, reconhecimento, classificação e outras funções. Pode-se citar como áreas de aplicação a medicina, a psicologia, e atualmente até as técnicas ainda atualmente consideradas como medicina alternativa, como é o caso da Kirliangrafia.

Verifica-se que um sistema de interpretação de fotos Kirlian é bastante complexo, envolvendo diversas etapas que devem ser muito bem especificadas e detalhadas. Por ser complexo, uma única solução não pode ser aplicada para todo o processo, e por isto deve-se buscar subdividi-lo em etapas menores, buscando para cada uma delas soluções que sejam mais adequadas.

No trabalho apresentado foi escolhida a área psicológica e dentro desta, foi analisado uma determinada característica que pode ocorrer em uma foto Kirlian. E conforme a ocorrência da característica observada um diagnóstico específico é dado. O principal complicador, o fato de representar situações não muito precisas como a determinação da cor de um determinado ponto, é solucionado com a aplicação da teoria dos conjuntos difusos.

Pode-se concluir que qualquer cor pode ser identificada e trabalhada com o protótipo. Montando o espectro de uma cor dentro do espaço RGB, determinando seus limites, sua intensidade é classificada do mesmo modo como foi mostrado com a cor rosa, e assim outros tipos de diagnósticos para ocorrência de outras cores podem ser implementados, facilitando a construção de sistemas automáticos baseados em regras de produção simples do tipo (se <condição> então <conclusão>).

Conclui-se que o objetivo principal do trabalho, a construção de um protótipo para ilustrar a possibilidade de automatização do processo de classificação da intensidade e nível de ocorrência de cores em imagens aplicada a interpretação de fotos Kirlian com o uso da teoria dos conjuntos difusos foi alcançado. Por se tratar de um protótipo, ainda existem limitações. Na etapa de pré-processamento, a normalização e a centralização ainda não são

realizadas no protótipo, representando exemplos de melhorias que podem ser implementadas no futuro.

## **4.1 LIMITAÇÕES**

Apesar do diagnóstico psicológico tratado na Kirliangrafia levar em consideração várias características. Foi limitado a análise da intensidade e existência da cor. Não está compreendido no trabalho a parte da análise de falhas e interpretações de regiões da imagem, que exigiriam abordagens bem mais complexas.

Além disso, no protótipo implementado, é preciso definir o limite da cor que é analisada, processo que poderia ser automatizado, utilizando-se de alguma técnica de inteligência artificial ou computação gráfica. Nos testes com o protótipo foram utilizados apenas esquemas de fotos Kirlian, e não as fotos propriamente ditas, mas isto não altera o diagnóstico quando aplicado às fotos reais, pois os esquemas possuem as mesmas características das fotos. Entretanto, seria importante avaliar o protótipo com a ajuda de um especialista em interpretação de fotos Kirlian, que possua bastante fotos para teste.

## **4.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS**

Encontrou-se grandes dificuldades em obter material bibliográfico referente a técnicas de especificação e análise específica para a interpretação de imagens com o auxílio de conjuntos difusos. As fontes pesquisadas não apresentaram nenhuma abordagem adequada ao trabalho proposto. Foi necessária a definição de um método pelo próprio autor desse trabalho e seu orientador, para cumprir os objetivos especificados. Isso exigiu uma aplicação de um maior de tempo de pesquisa e experimentos para se chegar a técnica que foi apresentada no trabalho.

A falta de bibliografia referente a etapa de classificação e comparação de padrões, dificultou o progresso de forma contínua deste trabalho. As fontes bibliográficas encontradas apresentam apenas temas muito gerais não abordando a questão de classificação de cores ou outra análoga. Por isso, foi preciso a interação e discussão com o orientador e outros professores e para a conclusão desta etapa.

O pouco conhecimento da Kirliangrafia, por se tratar de uma ciência recente, e as poucas fontes bibliográficas sobre o tema, dificultaram o início dos trabalhos e a determinação das características a serem observadas. No decorrer do trabalho, foi se tornando mais claro, principalmente com a orientação do Prof. Paulo de Tarso Mendes Luna e o contato com Prof. Newton Milhomens.

### **4.3 EXTENSÕES**

Como proposta de continuação do protótipo de interpretação de fotos Kirlian, os seguintes itens podem ser implementados:

- a) Pré-processamento automático da imagem (normalização e centralização);
- b) Aplicação de uma outra técnica de inteligência artificial para realização da comparação de padrões (etapa classificação);
- c) Desenvolvimento de uma técnica de especificação de sistemas especialistas com recursos difusos;
- d) Desenvolvimento de um algoritmo para definir os limites da cor automaticamente, sem a necessidade de configurar;
- e) Possibilitar a análise de regiões determinadas da foto;
- f) Considerar outras características da foto de acordo com a Kirliangrafia;
- g) Considerar a análise médica das fotos Kirlian.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [BAR1997] BARRETO, Jorge Muniz. **Inteligência artificial : no limiar do século XXI**. Florianópolis : PPP Edições, 1997.
- [COS1993] COSTA, Simone Erbs. **Estudo de metodologias de prototipação de sistemas e sua aplicabilidade no ambiente Genexus**. Blumenau, 1993. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, FURB.
- [COS1999] COSTA, Alexandre. **O efeito Kirlian**.02/11/1999. Endereço eletrônico: <http://www.terravista.pt/AguaAlto/2059>.
- [COX1994] COX, Earl. **The fuzzy systems handbook**. Chestnut Hill : AP Professional, 1994.
- [DUN1995] DUNTEMANN, Jeff. **Delphi: programming explorer**. Scottsdale: Coriolis Group Books, 1995.
- [FOL1990] FOLEY, J. D., DAM, A. V., FEINER, S. K. e HUGHES, J. F. **Computer graphics – principles and practice**. Massachusetts : Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- [FOT1994] FOTOS Kirlian como interpretar. Prof. Newton Milhomens. Curitiba : distribuidora independente, 1994. 1 videocassete (180 min) : son., color. ; 12mm. VHS NTSC.
- [HEC1998] HECKMANN, Jacques Robert. **Sistematização das atuais técnicas de inteligência artificial e análise de sua aplicabilidade**. Blumenau, 1998. Monografia (Especialização em Tecnologias de Desenvolvimento de Sistemas) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, FURB.
- [JAC1994] JACKSON, R. MacDonald e Freeman K. **Computer generated color: a practical guide to presentation and display**. New York : John Wiley & Sons, 1994.

- [KIR1999] KIRLIAN Research. **Health implications**. 08/11/1999. Endereço eletrônico: <http://www.kirlian.co.uk>.
- [KOR1995] KORN, Granino A. **Neural networks and fuzzy logic control on personal computers and workstation**. London, 1995. 373p.
- [KOR2000] KOROTKOV, Konstantin. **Oficialização da Kirliangrafia na Rússia**. Mensagem eletrônica enviada. Moscou, 24 abr. 2000.
- [MAC1992] MACHADO, R. J., ROCHA, A. F. **A hybrid architerture for fuzzy connectionist expert systems**. Boca Raton : CRC Press, 1992.
- [MAC1997] MACHADO, Luciano Dozól. **Estudo e aplicação de técnica de prototipação rápida orientada a objetos**. Blumenau, 1997. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, FURB.
- [MAR1994] MARKS II, Robert J. **Fuzzy logic technology and aplications**. New York : IEEE, 1994.
- [MAT1996] MATCHO, Jobathan. et. al. **Using Delphi 2 : special edition**. Hollis : QUE, 1996.
- [MIL1998] MILHOMENS, Newton. **Fotos Kirlian – como interpretar**. São Paulo : Ibrasa, 1998.
- [MIL1999] MILHOMENS, Newton. **O modelo energético do homem**. São Paulo : Ibrasa, 1999.
- [MIL2000] MILHOMENS, Newton. **KIRLIAN home page - histórico**. 03/03/2000. Endereço eletrônico: <http://www.kirlian.com.br>.
- [PAC1991] PACHECO, Roberto C. S. **Tratamento de imprecisão em sistemas especialistas**. Florianópolis, 1991. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC.

- [PER1995] PEREIRA, Cledy G. **Um sistema especialista com técnicas difusas para determinar os limites da agência**. Florianópolis, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC.
- [PRI2000] PRIBERAM Informática Ltda. **Dicionário Universal**. 12/04/2000. Endereço eletrônico: <http://www.priberam.pt>.
- [RAU1996] RAUTENBERG, Sandro. **Um protótipo de sistema especialista difuso para a definição de salários por habilidades**. Blumenau, 1996. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, FURB.
- [REI2000] REIS, Dalton S. dos. **Modelos de Cor**. 27/03/2000. Endereço eletrônico: <http://www.ipa.furb.rct-sc.br/dalton/DiscipCG/ModuloB/moBtop06.htm>.
- [ROS1995] ROSS, Timonthy J. **Fuzzy logic with engineering applications**. New York : McGraw-Hill Inc., 1995.
- [RUB1995] RUBENKING, Neil J. **Programação em Delphi para leigos**. São Paulo : Berkeley Brasil, 1995.
- [WEL1994] WELSTEAD, Stephen T. **Neural network and fuzzy logic applications in C/C++**. New York : John Willey & Sons, 1994.
- [WYS1982] WYSZECKI, G. e STILES, W. S. **Color science: concepts and methods, quantitative data and formule**. New York : John Wiley & Sons, 1982.
- [ZAG1999] ZAGOTO, Alessandro C. **Teoria das Cores**. Blumenau, 1 jun. 1999. Arquivo da disciplina de Computação Gráfica, Departamento de Sistemas e Computação, FURB.
- [ZIM1991] ZIMMERMANN, Hans-Jurgen. **Fuzzy set theory and its applications**. Boston : Kluwer Academic Publishers, 1991.