Universidade de São Paulo

Instituto de Física de São Carlos

Departamento de Física e Informática

INVESTIGAÇÃO E MODELAGEM DA PERCEPÇÃO DE SALIÊNCIAS EM FORMAS BIDIMENSIONAIS

Carlos Henrique Portezani

USP/IFSC/SBI

8-2-001301

Dissertação apresentada ao Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências: Física Aplicada.

Orientador: Prof. Dr. Luciano da Fontoura Costa

São Carlos

1999

IFSC-USP SERVIÇO DE BIBLIOTECA E INFORMAÇÃO

Portezani, Carlos Henrique
Investigação e modelagem da percepção de saliências em formas bidimensionais / Carlos Henrique Portezani. -- São Carlos, 1999.
236 p.

Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física de São Carlos, 1999.

Orientador: Prof. Dr. Luciano da Fontoura Costa.

1. Percepção de saliências. 2. Percepção de formas. 3. Psicofísica. I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Física de São Carlos

Av. Dr. Carlos Botelho, 1465
CEP 13560-250 - São Carlos - SP
Brasil

Fone (016) 273-9333
Fax (016) 272-2218

MEMBROS DA COMISSÃO JULGADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE CARLOS HENRIQUE PORTEZANI APRESENTADA AO INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS, DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, EM 15 DE OUTUBRO DE 1999.

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. Luciano da Fontoura Costa/IFSC-USP

Prof. Dr. Adilson Gonzaga/EESC-USP

Prof. Dr. Roberto Marcondes Cesar Junior/IME-USP

e-mail:wladerez@if.sc.usp.br

Dedico este trabalho aos meus pais,

aos meus irmãos e aos meus amigos,

pelo incentivo, apoio e paciência.

Agradecimentos

• Ao Prof. Dr. Luciano da Fontoura Costa pela amizade, paciência, estímulo e conselhos na orientação deste trabalho.

• Ao Prof. Dr. Sérgio S. Fukusima (FFCL - Ribeirão Preto, USP) pelas sugestões e conselhos durante a elaboração deste trabalho.

• Ao Prof. Dr. Jocelyn Faubert (École d' optométrie - Université de Montréal) pelas sugestões e conselhos durante a elaboração deste trabalho.

• À Luís Augusto Consularo, pelo desenvolvimento computacional do modelo por entropia da curvatura.

• Às pessoas que contribuiram para a realização do experiemento deste trabalho, pela paciência e apoio.

• Aos meus pais, meus irmãos, a todos os meus amigos e aqueles que comtribuiram e me apoiaram, direta ou inderetamente na realização deste trabalho.

• Ao pessoal do Grupo de Pesquisas em Visão Cibernética, pela ajuda e agradável convivência.

• Ao Marquinhos, à Cláudia, à Wladerez e a todos os funcionários do IFSC-USP que me auxiliaram.

• Às bibliotecárias do IFSC-USP pelo auxílo na busca de referências bibliográficas.

Sumário

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Abreviaturas e Símbolos

Resumo

Abstract

1. Introdução 1

2. Percepção de Formas 9

2.1 Introdução 9

2.2 Organização das Características 9

2.3 Teoria da Integração das Características 18

2.4 Reconhecimento e Identificação de Objetos 19

2.5 Processamento Dirigido dos Dados e Dirigido Conceitualmente 20

2.6 Processamento Global e Local 22

2.7 Estímulo Integral e Separado 25

2.8 Contexto e Identificação 27

2.9 Teoria de Identificação do Objeto 29

2.9.1 Teoria do Pandemônio 29

2.9.2 Identificação por Componentes 31

2.10 Teorias Sobre Atenção 33

3. O Experimento Psicofísico 39

3.1 Noções Básicas do Experimento 39

3.2 Características Principais dos Estímulos ou Sensações 41

3.3 Condições Iniciais e os Tipos de Estímulos do Experimento 42

3.4 Características do Experimento 46

3.5 Método de Apresentação 48

3.5.1 Lista de Apresentação 48

3.5.2 O Processo de Apresentação 51
3.6 Método de Obtenção dos Dados 52
3.6.1 Os Resultados das Etapas de Apresentação 55
3.7 Esquema Representativo do Experimento Psicofísico 56
4. Método de Modelagem da Percepção de Saliências através de um Campo Vetorial 58
4.1 Introdução 58
4.2 O Modelo 59
4.2.1 A Função Gaussiana 60
4.2.2 Filtragem das Imagens Estímulos 61
4.2.3 O Campo Vetorial 63
4.2.4 O Objetivo do Campo Vetorial 65
4.3 A Simulação do Modelo 66
5. Método de Modelagem da Percepção de Saliências através da Entropia da Curvatura 72
5.1 Introdução 72
5.2 A Curvatura de uma Curva 72
5.2.1 Histograma das Curvaturas 75
5.3 A Entropia da Curvatura 77
5.4 O Modelo 77
5.4.1 Características do Modelo 84
5.4.2 Os Resultados do Modelo 85
6. Resultados 86
6.1 Os Resultados do Experimento Psicofísico 86
6.1.1 Os Histogramas Polares 88
6.1.2 O Histograma Polar da Imagem Nula 92
6.2. A Organização dos Resultados do Modelo do Capítulo 4 94
6.2.1 Comparação dos Erros do Modelo do Capítulo 4 96
6.3 A Organização dos Resultados do Modelo do Capítulo 5 102
6.3.1 Comparação dos Erros do Modelo do Capítulo 5 103

7. Conclusões e Sugestões Para Desenvolvimentos Futuros.....106

7.1. Conclusões Sobre o Processo Investivativo 107

7.2. Conclusões Sobre o Processo de Modelagem 111

7.3 Sugestões Para Desenvolvimentos Futuros 114

Referências Bibliográficas 116

Apêndice I - Noções Gerais de Psicofísica

Apêndice II - Software do Experimento Psicofísico

Apêndice III - Software de Geração dos Histogramas Lineares e Polares

Apêndice IV - O Processo de Convolução

Apêndice V - As Componentes Vetoriais do Campo Resultante das Cargas q_i

Apêndice VI - Imagens Estímulos do Experimento Psicofísico

Apêndice VII - Os Histogramas Polares

Lista de Figuras

Figura 1.1: Exemplo de forma bidimensional com algumas saliências destacadas. 3
Figura 2.1: Estímulo visual. 10
Figura 2.2: Agrupamento por proximidade. 11
Figura 2.3: Agrupamento por similaridade. 12
Figura 2.4: Competição entre o agrupamento por similaridade (linhas) e o agrupamento por proximidade (colunas). 13
Figura 2.5: Um exemplo de continuidade. 14
Figura 2.6: Um exemplo de continuidade. 15
Figura 2.7: Um exemplo de fechamento. 16
Figura 2.8: Demonstração que a simetria facilita a percepção. 17
Figura 2.9: Decomposição de uma figura em duas boas formas. 17
Figura 2.10: Um exemplo onde o processamento global é detectado mais rápido do que o local. 23
Figura 2.11: Um exemplo onde o processamento local é detectado mais rápido do que o global. 24
Figura 2.12: O efeito do contexto na percepção de formas. 27
Figura 2.13: A influência do contexto na representação de uma face 28
Figura 2.14: Modelo do Pandemônio. 30
Figura 2.15: Exemplos de geons. 32
Figura 2.16: Modelo de atenção com a existência de um gargalo e seleção primária. 34
Figura 2.17: Modelo de atenção com a existência de um gargalo, mas com seleção tardia. 35
Figura 2.18: Modelos de atenção com capacidade limitada. 36

Figura 2.19: Modelo de atenção com capacidade limitada, mas com múltiplos recursos..... 37

Figura 3.1: Representação da Imagem Estímulo Central, da Imagem Estímulo FORMA 1 e da Imagem Resposta com uma redução por um fator de 3 do tamanho original..... 46

Figura 3.2: Exemplo de uma Lista de Apresentação com as respectivas imagens estímulos. 50

Figura 3.3: Imagem resposta mapeada por uma grade ortogonal de divisões de 5 graus cada..... 53

Figura 3.4: Imagem estímulo mapeada por uma grade ortogonal de divisões de 5 graus cada..... 54

Figura 3.5: Esquema representativo do experimento psicofísico..... 57

Figura 4.1: Exemplo de aplicação do modelo por campo vetorial..... 59

Figura 4.2: Função Gaussiana com $\sigma = 4$ em um sistema de coordenadas cartesianas.61

Figura 4.3: Imagem estímulo FORMA 1 original (antes da convolução)..... 62

Figura 4.4: Imagem estímulo FORMA 1 após a convolução com uma função gaussiana com $\sigma = 1$..... 62

Figura 4.5: Imagem estímulo FORMA 1 após a convolução com uma função gaussiana com $\sigma = 2$..... 62

Figura 4.6: Imagem estímulo FORMA 1 após a convolução com uma função gaussiana com $\sigma = 4$..... 62

Figura 4.7: Representação vetorial do campo resultante e dos campos individuais. . 65

Figura 5.1: Representação geométrica de uma curva com os respectivos ângulos que fornecem a curvatura da mesma..... 73

Figura 5.2: Gráfico de $K(t)$ da imagem estímulo FORMA 1. 76

Figura 5.3: Histograma das curvaturas da imagem estímulo FORMA 1. 76

Figura 5.4: Exemplo de aplicação do modelo por entropia da curvatura..... 78

Figura 5.5: Exemplo das condições utilizadas para extração dos pixels t_i das imagens estímulos. 82

Figura 5.6: Gráfico de $S(t)$ da imagem estímulo FORMA 1, com $W = 0.1\ Pe$..... 83

Figura 5.7: Gráfico de S_{t_i} em função do ângulo de t_i da imagem estímulo FORMA1, com $W = 0.1\ Pe$. 83

Figura 6.1: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA 1 89
Figura 6.2: Histograma Polar da imagem estímulo NULA. 93
Figura 6.3: Histograma Linear dos erros da simulação 1 (S1). 97
Figura 6.4: Histograma Linear dos erros da simulação 2 (S2). 98
Figura 6.5: Histograma Linear dos erros da simulação 3 (S3). 98
Figura 6.6: Histograma Linear dos erros da simulação 4 (S4). 99
Figura 6.7: Histograma Linear dos erros da simulação 5 (S5). 99
Figura 6.8: Histograma Linear dos erros da simulação 6 (S6). 100
Figura 6.9: Histograma Linear dos erros da simulação 7 (S7). 100
Figura 6.10: Histograma Linear dos erros da simulação 8 (S8). 101
Figura 6.11: Histograma Linear dos erros da simulação 9 (S9). 101
Figura 6.12: Histograma Linear dos erros para $W = 20\%$ (E1). 104
Figura 6.13: Histograma Linear dos erros para $W = 10\%$ (E2). 104
Figura 6.14: Histograma Linear dos erros para $W = 5\%$ (E3). 105

Lista de Tabelas

Tabela 6.1: Grupos selecionados da imagem estímulo FORMA 1. 91
Tabela 6.2: Grupos selecionados da imagem estímulo NULA. 93
Tabela 6.3: Tabela representativa das características das simulações do modelo do Capítulo 4. 95
Tabela 6.4: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA 1. 96
Tabela 6.5: Tabela dos símbolos que representam a entropia da curvatura. 102
Tabela 6.6: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA 1.102
Tabela 7.1: Resultado das simulações do processo de modelagem por campos vetoriais. 112
Tabela 7.2: Resultado das simulações do processo de modelagem por entropia da curvatura. 113

Lista de Abreviaturas e Símbolos

CM – centro de massa do contorno da imagem estímulo;

CMX – coordenada do eixo X do centro de massa CM;

CMY – coordenada do eixo Y do centro de massa CM;

$\vec{C}_i$ – vetor que representa o campo vetorial individual de uma carga ou pixel;

C_i – módulo de $\vec{C}_i$;

$\vec{C}_r$ – vetor que representa o campo vetorial resultante em um ponto;

C_r – módulo de $\vec{C}_r$;

$\vec{C}r_x$ – componente de $\vec{C}_r$ no eixo de coordenada X;

$\vec{C}r_y$ – componente de $\vec{C}_r$ no eixo de coordenada Y;

Cr_x – módulo de $\vec{C}r_x$;

Cr_y – módulo de $\vec{C}r_y$;

$\vec{D}_x$ – vetor que representa o deslocamento sobre o eixo X;

$\vec{D}_y$ – vetor que representa o deslocamento sobre o eixo Y;

D_x – módulo de $\vec{D}_x$;

D_y – módulo de $\vec{D}_y$;

Dt_it_j – distância, em pixels do contorno, entre o pixel t_j e o pixel t_i;

$F\{\}$ – transformada de Fourier;

$F^{-1}\{\}$ – transformada inversa de Fourier;

FFT – transformada rápida de Fourier;

f_i – freqüência de ocorrência de um ângulo do intervalo compreendido por um grupo selecionado de um histograma polar;

f – índice da faixa do histograma Ht_i ;

FT – constante utilizada no cálculo de σt_i ;

$G(x,y)$ – função gaussiana em um ponto de coordenadas cartesianas x e y;

Gt_j – valor da função gaussiana correspondente ao pixel t_j ;

Ht_i – histograma dos valores das curvaturas de uma janela de largura W centradas sobre um pixel t_i ;

$\hat{i}$ – versor do eixo de coordenada X;

$IFFT$ – transformada inversa rápida de Fourier;

$IG(x,y)$ – matriz resultante do processo de convolução em duas dimensões;

$I(x,y)$ – matriz imagem;

$I(x,y) ** G(x,y)$ – convolução em duas dimensões da matriz imagem e da função gaussiana;

$\hat{j}$ – versor do eixo de coordenada Y;

k – constante positiva para o cálculo da entropia da curvatura;

K – constante que determina um fator de grandeza do módulo do campo vetorial individual, ou curvatura de uma determinada curva;

Kt_i – valor da curvatura relacionada com o pixel t_i ;

LF – largura da faixa de Ht_i ;

n – número de pixels ou cargas que compõem o contorno de uma imagem estímulo;

NA – número de apresentações de um intervalo compreendido por um grupo selecionado de um histograma polar;

n_T – número total de faixas de valores de curvaturas de um histograma Ht_i ;

NF – número de faixas de Ht_i ;

p – um ponto do espaço cartesiano bidimensional;

p_f – probabilidade de ocorrência de um valor de curvatura;

P_e – perímetro do contorno de uma imagem estímulo;

q_i – valor do nível de cinza do pixel dado como carga do campo vetorial individual;

R – raio de ação para o cáculo do campo vetorial resultante no ponto p, ou raio de curvatura;

$\vec{r}_i$ – vetor que representa a distância de uma carga ao ponto p;

r_i – módulo de $\vec{r}_i$;

$\hat{r}_i$ – versor do vetor $\vec{r}_i$;

Rt_i – raio da curvatura relacionada com o pixel t_i ;

S – entropia da curvatura;

S_T – entropia total das curvaturas de uma curva;

St_i – entropia da curvatura de um pixel t_i;

t – pixels que geram os contornos das formas;

T_x – taxa do comprimento da janela W;

W – comprimento de uma janela do perímetro;

X – eixo de coordenada cartesiana;

x – coordenada cartesiana do eixo X;

x_i – coordenada no eixo X da carga ou pixel q_i;

Y – eixo de coordenada cartesiana;

y – coordenada cartesiana do eixo Y;

y_i – coordenada no eixo Y da carga ou pixel q_i;

Z – eixo de coordenada cartesiana;

α – expoente de r_i do campo vetorial individual;

μ – média ângular de um grupo selecionado de um histograma polar;

σ – desvio-padrão da função gaussiana;

σ_g – desvio-padrão angular de um grupo selecionado de um histograma polar;

σt_i –desvio padrão de Gt_j relacionado com o pixel t_i ;

θ_i – um ângulo do intervalo compreendido por um grupo selecionado de um histograma polar.

Resumo

Esta dissertação é o resultado de uma pesquisa na área de psicofísica para obtenção de uma modelagem da percepção visual de saliências em formas bidimensionais. Para que este objetivo fosse atingido, foi desenvolvido um experimento psicofísico executado através de um programa computacional, que apresenta aos indivíduos imagens de formas (ou contornos) bidimensionais com diversas características e saliências. O experimento é realizado em duas etapas, ambas com 16 indivíduos, e assim divididas devido às características das formas utilizadas. A primeira etapa é constituída de 30 imagens que apresentam formas mais prováveis de serem encontradas diariamente, além de apresentarem uma maior simetria e alongamento do que as 25 imagens que compõem a segunda etapa. Os resultados do experimento, ou seja, a freqüência de escolha das regiões das imagens pelos indivíduos, foram organizados através de histogramas polares para cada uma das 55 imagens, sendo este gerados por computador através de um programa por nós desenvolvido. As conclusões obtidas, quando efetuou-se uma comparação das regiões escolhidas pelos indivíduos com os conceitos sobre percepção de formas (basicamente a regra da "*boa figura*" dos *princípios de Gestalt*), foram que as regiões escolhidas com mais freqüência não são necessariamente as "*boas regiões*". A fim de obtermos modelos da percepção de saliências de formas bidimensionais, ou seja, modelos que determinem as regiões escolhidas pelos indivíduos durante a realização do experimento psicofísico, foram desenvolvidos dois métodos de modelagem, sendo um relacionado com campos vetoriais e o outro com a entropia da curvatura das imagens apresentadas como estímulos aos indivíduos. Os resultados dos dois modelos foram comparados com os resultados práticos obtidos através do experimento psicofísico, a fim de obtermos uma análise da validade dos modelos. Através desta comparação foi possível concluir que, apesar dos modelos apresentarem uma representação quantitativa de algumas das etapas do processo percepção de saliências, outros valores de suas variáveis devem ser testados para que o processo de modelagem torne-se mais próximo do ideal.

Abstract

This dissertation is the result of the a research in the area of psychophysics in order to obtain a modeling of the visual perception of saliences in form bidimensionais. In order to reach the target, an psychophysical experiment was developed which was done through the use of a computer programme. This programme presents to individuals images of bidimensional shapes (or outlines) with a variety of characterisitcs and saliences. The experiment is done in two phases, both of which with 16 individuals, and afterwards it is divided into the characteristics of the shapes which were used. The first phase consists of 30 images that present the most probable shapes which can be found easily every day. It also presents a bigger symmetry and elongation when compared to the 25 images which are part of the second phase. This second phase presents the shapes which are not so probable to be found everyday. The result of the experiment, that is the frequency of the choice of the regions of the images by the individuals, were organized through the use of polar histograms for each one of the 55 images. The histograms were generated by a computer which uses a programme developed by us. The conclusion obtained, when a comparison of the regions chooses by the individuals with the concepts about perception of forms (basically the rule of the "good shape" of the Gestalt principles), were that the regions choosen more frequently were not the "good regions". In order to obtain models of the perception of the saliences of the bidimensional shapes, which are the models that determine the regions chosen by the individuals during the psychophysical experiment, two methods of modeling were developed. One of them is related to vectorial fields and the other to the entropy of the curvature of the images presented as stimulus to the individuals. The results of the two models were compared to the practical results obtained through the psychophysical experiment in order to obtain an analisys of the validity of the models. Through this comparison was possible to conclude that although the models present a quantitative representation of some steps of the process of perception of saliencies, other values of its variables should be tested in order to mabe the process of modeling closer to the ideal one.

1. Introdução

O mundo em que vivemos está cheio de objetos e eventos representando uma grande quantidade de informações. Entretanto, muitas destas informações são irrelevantes para as necessidades diárias das pessoas, enquanto outras são absolutamente essenciais. Logo, para que os seres humanos possam se utilizar efetivamente das informações, os mesmos são equipados com um especial "maquinário", o qual capta as informações e as traduz para uma linguagem que é entendida pelo sistema nervoso. É neste processo de tradução das informações selecionadas que as mesmas são assimiladas pelo cérebro, culminando nas percepções do mundo, sendo estas percepções que guiam as ações dos seres humanos no mundo ao redor deles.

Portanto, a *percepção* pode ser caracterizada como o elo final de uma cadeia de eventos relevantes. Assim, para entendermos completamente a percepção devemos entender cada elo que compõe esta cadeia. Devemos começar pelo meio ou ambiente em que vivemos, pois este meio determina o que existe para se perceber. Este primeiro elo da cadeia é representado por várias formas de energias físicas, que são chamadas de *estímulos*, sendo tais energias de origens térmicas, mecânicas, acústicas e eletromagnéticas.

Na seqüência devemos especificar como o sistema nervoso converte os estímulos em eventos neurais, o que é conhecido como *transdução sensorial*. Para uma perfeita compreensão deste processo de conversão é necessário um entendimento dos receptores sensoriais especializados, tais como aqueles contidos nos olhos e nos ouvidos.

Uma vez que esta transdução tenha sido realizada, objetos e eventos são representados exclusivamente como padrões de impulsos neurais dentro das várias fibras nervosas sensoriais. Deste ponto em diante, toda nova elaboração e organização das informações sensoriais deve ser executada usando-se esta representação neural.

Logo, o completo entendimento da percepção deve incluir uma minuciosa descrição da experiência de perceber, o qual é o produto final da cadeia de eventos. Muitas técnicas tem sido desenvolvidas por psicólogos a fim de catalogar as experiências das pessoas e relacionar tais experiências aos padrões de estimulação física, sendo que esta iniciativa de relacionar a estimulação física ao evento da percepção é conhecida como *psicofísica*. Através da específica relação entre os estímulos físicos e o evento da percepção, a psicofísica proporciona importantes evidências que ajudam a desvendar e interceder em tais eventos.

Podemos utilizar a psicofísica para estudarmos o processo de percepção visual dos seres humanos, obtendo, deste modo, regras que caracterizam a percepção visual. Estas regras são as bases para o desenvolvimento de modelos que representam o proceso de percepção, os quais proporcionam um melhor entendimento do comportamento e funcionamento do cérebro, além de serem utilizados em áreas como programação visual e visão ativa.

Como poderemos notar, esta dissertação realiza um estudo sobre percepção visual de formas, mais precisamente na área da percepção visual de saliências em formas bidimensionais.

Uma forma é caracterizada como bidimensional quando esta pode ser representada em um sistema de referência de duas dimensões, ou seja, quando a mesma está contida em um plano. Na Figura 1.1 apresentamos um exemplo de forma bidimensional, sendo esta composta por um contorno fechado.

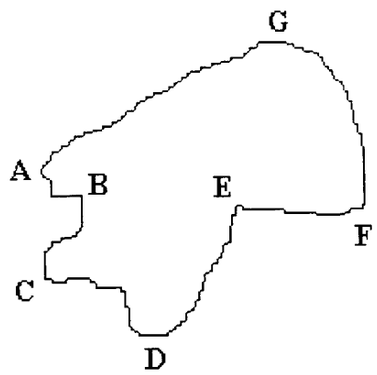


Figura 1.1: Exemplo de forma bidimensional com algumas saliências destacadas.

Observando a forma bidimensional da Figura 1.1, podemos notar que algumas regiões do contorno (regiões A, B, C, D, E e F), que compõe tal forma, se destacam durante o processo de percepção da mesma. Estas regiões que se destacam são definidas como saliências da forma bidimensional, logo, o estudo realizado nesta dissertação é sobre a percepção deste tipo de regiões em vários tipos de formas bidimensionais, ou seja, o estudo da percepção de saliências em formas bidimensionais.

Existem várias pesquisas desenvolvidas na área de percepção visual de formas, dentre estas podemos citar as mais próximas do presente trabalho que foram as realizadas pelos psicólogos da escola conhecida como Gestalt, por Attneave em 1954 e 1957, Attneave & Arnoult em 1956 e outras mais recentes por Treisman & Paterson em 1984 e Shimaya em 1997. Entretanto, quase todas essas teorias analisam uma figura de forma qualitativa e não quantitativa, ou seja, não expressam a percepção de uma figura através de alguma expressão matemática, uma grandeza física ou outra qualquer. Podemos notar, além do fato anterior, que estas teorias foram realizadas sobre o estudo da percepção de várias formas de imagens, e não especificamente sobre a percepção de saliências de formas bidimensionais.

O primeiro objetivo do presente trabalho é o de verificar se as regras que caracterizam a percepção de formas são válidas na percepção de saliências em formas bidimensionais, ou seja, realizar um processo investigativo da percepção das saliências de formas bidimensionais. O segundo objetivo seria modelar a percepção dessas saliências através de simples equações matemáticas, que são também utilizadas para expressar grandezas físicas.

Para que os objetivos dessa pesquisa fossem atingidos, ou seja, fosse realizado um estudo sobre a percepção visual de saliências em formas bidimensionais, foi desenvolvido um tipo de experimento psicofísico que apresenta aos indivíduos sob teste imagens de formas (ou contornos) bidimensionais com determinadas características e saliências.

Entretanto, este experimento psicofísico deve ser realizado segundo alguns padrões e condições, ou seja, deve fornecer os dados desejados com um baixo custo financeiro (quando comparado aos equipamentos sofisticados que também

fornecem os dados desejados), ser de fácil manuseio por parte de quem o aplica e por parte dos indivíduos sob teste. Isto possibilitará que o mesmo possa ser amplamente difundido, a fim de obtermos, deste modo, um maior número de dados disponíveis a cerca da percepção de saliências em formas bidimensionais.

Este experimento psicofísico é realizado sobre a tela do monitor de um computador, sendo executado através de um software denominado *Controle do Experimento*. O experimento é realizado em duas etapas, ambas com 16 indivíduos e assim divididas devido as características das formas utilizadas. A primeira etapa é constituída de 30 imagens que apresentam formas mais comuns de serem encontradas diariamente, além de apresentarem uma maior simetria e alongamento do que as 25 imagens que compõem a segunda etapa.

Os resultados do experimento psicofísico, ou seja, a freqüência de escolha das regiões das imagens pelos indivíduos, foram organizados através de histogramas polares para cada uma das 55 imagens. Estes histogramas polares são gerados pelo software denominado *Mapeamento de Imagens*, desenvolvido especificamente para esta função.

Assim, a partir destes histogramas polares podemos obter uma análise das características das formas, juntamente com os tipos de saliências destas formas que influenciam na escolha de uma região por parte dos indivíduos. Ou seja, as características das formas e os tipos de saliências destas formas que levam a uma mais fácil percepção de uma determinada região pelos indivíduos, para cada uma das imagens de formas bidimensionais apresentadas.

As conclusões, sobre as regiões escolhidas pelos indivíduos, foi obtida através de uma comparação destas regiões com os conceitos sobre percepção de

formas apresentados no Capítulo 2, basicamente a regra da "*boa figura*"dos *princípios de Gestalt*. Deste modo, podemos concluir que as regiões escolhidas com mais freqüência não são as regiões classificadas como"*boas regiões*" das formas bidimensionais apresentadas aos indivíduos sobre teste.

Com base nos resultados do experimento psicofísico podemos ainda obter modelos da percepção de saliências de formas bidimensionais, ou seja, modelos que determinem as regiões escolhidas pelos indivíduos durante a realização do experimento psicofísico. Nesta dissertação foram desenvolvidos dois métodos de modelamento, sendo um relacionado com campos vetoriais e o outro com a entropia da curvatura das imagens apresentadas como estímulos aos indivíduos.

Optou-se por um modelo relacionado com um campo vetorial, pois tal campo pode ser decomposto em componentes dx e dy de forma que possa ser relacionado aos campos receptivos da retina e do córtex do seres humanos. Especialmente no que se refere a composição vetorial de campos receptivos do tipo "simples" (Consularo & da F. Costa, 1998). Além disso, o deslocamento do ponto de fixação visual simulado através de caminhos determinados pelas linhas de forças do campo vetorial, representam o processo de atenção focal envolvido no processo de percepção, como podemos notar através dos conceitos apresentados no Capítulo 2.

O modelo relacionado com a entropia da curvatura foi utilizado, pois a entropia, em termos de quantidade de informações, relaciona-se intuitivamente com as saliências contidas nas formas bidimensionais. As informações extraidas de uma forma bidimensional, neste caso, são os valores das curvaturas de regiões do contorno que compõe tal forma bidimensional.

Os resultados destes dois modelos foram comparados com os resultados práticos obtidos através do experimento psicofísico, a fim de obtermos uma análise da validade dos modelos. Através desta comparação foi possível concluir que, apesar de os modelos apresentarem uma representação quantitativa de algumas das etapas do processo percepção de saliências, estes podem realizar um processo de modelagem mais próximo do ideal, se outros valores de suas variáveis forem testados.

Todas estas etapas desta dissertação podem ser melhores entendidas através dos capítulos posteriores, que se apresentam organizados como discutidos a seguir.

O Capítulo 2 apresenta alguns conceitos básicos a respeito da percepção de formas, como os que foram pesquisados pelos psicólogos da escola conhecida como Gestalt, além de algumas teorias sobre o processo de atenção do sistema visual humano. Estes conceitos e teorias serão utilizados na conclusão do processo investigativo da percepção das saliências das formas bidimensionais.

No Capítulo 3 temos a descrição detalhada do experimento psicofísico utilizado para o estudo sobre a percepção visual de saliências em formas bidimensionais. Além disso, nos Capítulos 4 e 5 temos os dois métodos de modelagem da percepção de saliências, onde o do Capítulo 4 utiliza-se de campos vetoriais e o do Capítulo 5 utiliza-se do cálculo da entropia da curvatura das imagens ou formas bidimensionais.

O Capítulo 6 apresenta uma comparação dos resultados obtidos pelos modelos apresentados nos Capítulos 4 e 5, com os dados obtidos através do experimento psicofísico descrito no Capítulo 3.

O último capítulo, ou seja, o Capítulo 7 apresenta as conclusões obtidas por meio desta dissertação e na seqüência temos as referências bibliográficas utilizadas. O Capítulo 7 apresenta-se dividido basicamente em três seções, uma sobre o processo investigativo, outra sobre o processo de modelagem e a última sobre sugestões para futuros desenvolvimentos que poderão dar continuidade ao trabalho abordado nesta dissertação.

No final desta dissertação são apresentados sete apêndices que possuem dados indispensáveis para a reprodução do experimento psicofísico, como as imagens das formas utilizadas no experimento e a utilização dos software *Controle do Experimento* e *Mapeamento de Imagens*. Além disso, são apresentados dados como os histogramas polares com os resultados de cada imagem utilizada no experimento, algumas noções gerais de psicofísica, de processamento de imagens e a dedução das equações que fornecem as componentes vetoriais de um campo vetorial resultante de diversas cargas.

2. Percepção de Formas

2.1 Introdução

Primeiramente, vamos fazer uma breve consideração do que significa *percepção*. Percepção pode ser caracterizada como o desenvolvimento de uma representação interna do mundo exterior, baseada nas informações apresentadas pelas sensações (Levine & Shefner, 1991). Logo, se percepção é a formação de uma representação interna do mundo, a informação da qual a percepção é formada são as "*características*" recebidas pelos processadores de mais baixa ordem do sistema sensorial.

Em termos de percepção visual, estas características providenciam um modo de resumir as cenas observadas sem a necessidade de uma descrição pontual (local) da mesma. Isto é apresentado nas próximas seções, que se baseiam principalmente em Levine & Shefner (1991).

2.2 Organização das Características

A questão de como as características são organizadas em um conjunto denominado "*figura*" foi primeiramente pesquisada pelos psicólogos da escola

conhecida como Gestalt. Eles observaram que quando as características são organizadas em uma figura, a figura passa a existir como uma entidade superior à soma das características individuais. Isto pode ser notado através dos objetos das Figuras 2.1a e 2.1b, os quais são mais do que três quadriláteros, ou nove linhas como apresentadas na Figura 2.1c.

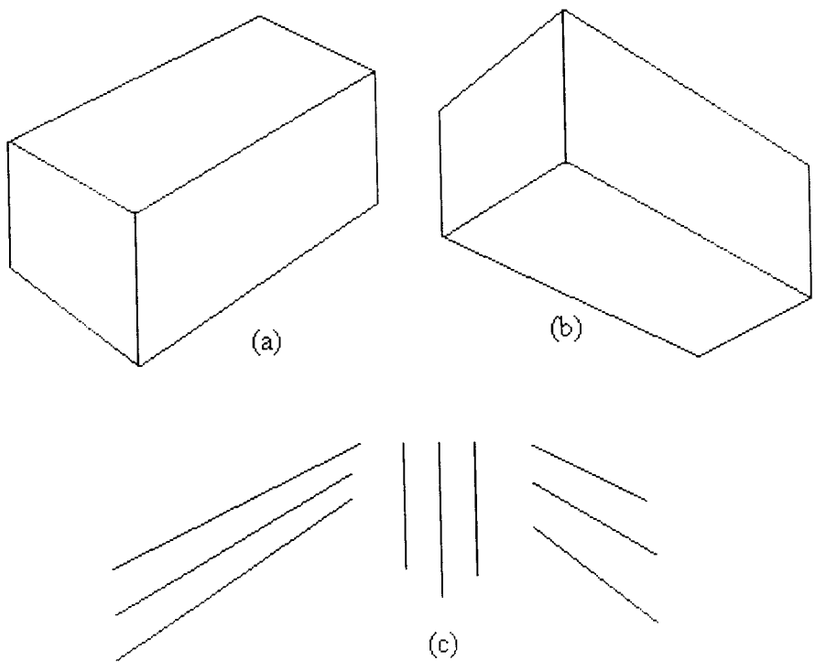


Figura 2.1: Estímulo visual. (a) Um padrão visual. (b) Um padrão que se apresenta como outra vista do padrão em (a). (c) As linhas que compõem os padrões em (a) e (b).

Os psicólogos de Gestalt observaram algumas regras pelas quais as características são organizadas em um conjunto coerente. Estas regras de Gestalt podem fazer parte das regras utilizadas pelo nosso sistema visual na percepção de formas, para decidir quais características compõem uma figura particular. Estes *princípios de Gestalt* são relativamente simples, como podemos ver a seguir.

Dois dos princípios de Gestalt estão ligados simplesmente com o agrupamento das características, isto é, qual característica irá fazer parte de um subpadrão.

O primeiro destes é o *princípio da proximidade*, que sugere que coisas próximas uma das outras devem ser vistas juntas. Por exemplo, os pontos na Figura 2.2 são imediatamente percebidos como quatro pares de pontos e um ponto simples, ao contrário de três conjuntos de três pontos.

Figura 2.2: Agrupamento por proximidade.

Embora tenhamos tendência a fazer um agrupamento por proximidade, isto não é uma simples comparação por proximidade das imagens que estão na retina. Por exemplo, quando observamos uma pessoa parada em frente de um carro, as imagens da pessoa e do carro podem ser contínuas, mas não percebemos a imagem "pessoa mais carro" como uma unidade.

O segundo dos princípios de Gestalt ligados ao agrupamento é denominado de *princípio da similaridade*, o qual estabelece que nós realizamos um agrupamento por semelhança. Alguns exemplos deste princípio são mostrados nas Figuras 2.3a, b e c.

Na Figura 2.3a podemos ver grupos diagonais, pois tendemos a agrupar círculos sólidos junto com outros círculos sólidos e círculos abertos com

outros círculos abertos, entretanto todos os círculos desta imagem são igualmente espaçados. Na Figura 2.3b tendemos a fazer um grupo de X e um grupo de O, sendo que tanto os X como os O apresentam a mesma tonalidade de cinza.

Entretanto, se observarmos a Figura 2.3c, podemos notar que alguma etapa mais complexa do processamento de formas pode estar acontecendo antes do processo de agrupamento, pois como podemos ver há um contorno entre os elementos verticais/horizontais com a forma de T e os elementos que se apresentam diagonalmente orientados, também com forma de T. Porém não podemos distinguir um perfeito contorno entre os elementos verticais/horizontais, com a forma de ⊥ dos elementos verticais/horizontais com a forma de T.

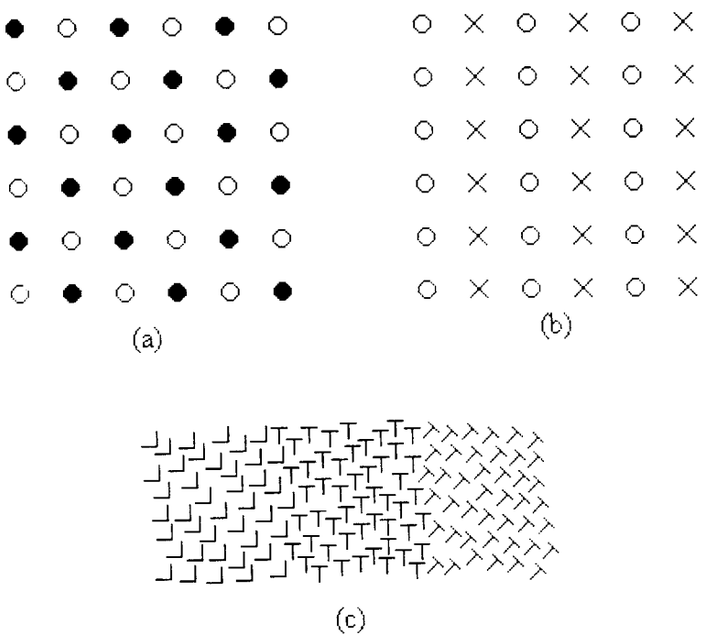


Figura 2.3: Agrupamento por similaridade. (a) Pontos de similar tonalidade compõem um mesmo grupo. (b) As colunas são percebidas devido ao agrupamento dos círculos com círculos e ao agrupamento dos X com os X. (c) Definição de um contorno entre os T verticais e os T diagonais.

A relativa importância da proximidade versus similaridade pode ser medida colocando os dois princípios em conflito. Por exemplo, na Figura 2.4 o princípio da similaridade deverá implicar a aparência das linhas, enquanto o princípio da proximidade irá favorecer as colunas. As duas possibilidades são possíveis, pois podemos ver as linhas de X entre as linhas de O, ou podemos ver colunas de X e O alternados.

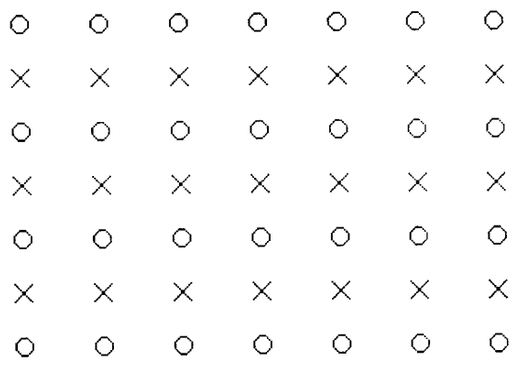


Figura 2.4: Competição entre o agrupamento por similaridade (linhas) e o agrupamento por proximidade (colunas).

Podemos ser capazes de escolher a posição para observar um elemento individual da matriz, e então realizar um agrupamento por similaridade, ou então ignorar esta identidade e realizar um agrupamento por proximidade. Entretanto, fazendo-se um novo espaçamento entre as colunas, podemos favorecer um princípio mais do que o outro. Deste modo, podemos idealizar nesta situação uma relação métrica ou de espaçamento entre os princípios de similaridade e proximidade.

Os demais princípios de Gestalt são um pouco mais abstratos. Eles sugerem que as características são agrupadas de acordo com *prägnanz*, o que pode ser genericamente traduzido como "*boa forma*" (Levine & Shefner, 1991). Tendemos

a ver as coisas como um todo se elas combinarem para formar uma "*boa figura*"; a melhor figura, a mais forte tenderá a formar um grupo.

Entretanto, o que pode tornar uma figura "*boa*"? Um destes aspectos é a *continuidade*, ou seja, a aparência de uma simples entidade. Por exemplo, os pontos da Figura 2.5a são vistos como duas curvas que se cruzam no centro, como indicado pelos pontos das duas metades da Figura 2.5b (onde fazemos uso do agrupamento por similaridade para termos certeza que o grupo que desejamos demonstrar é um daqueles que nós vemos). Estas duas curvas contínuas tem mais *prägnanz* que um simples agrupamento por proximidade, como podemos notar na Figura 2.5c.

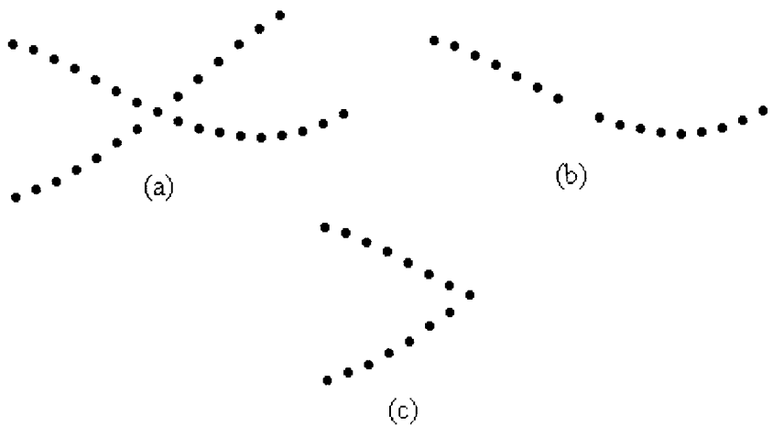


Figura 2.5: Um exemplo de continuidade. (a) Um padrão visto como duas curvas. (b) Uma das duas curvas mais prováveis de serem percebidas em (a). (c) Uma outra alternativa para uma das curvas de (a) que geralmente não é percebida.

Um efeito parecido a este pode ser visto na Figura 2.6, onde um agrupamento por similaridade pode ser mais facilmente percebido do que um agrupamento por proximidade.

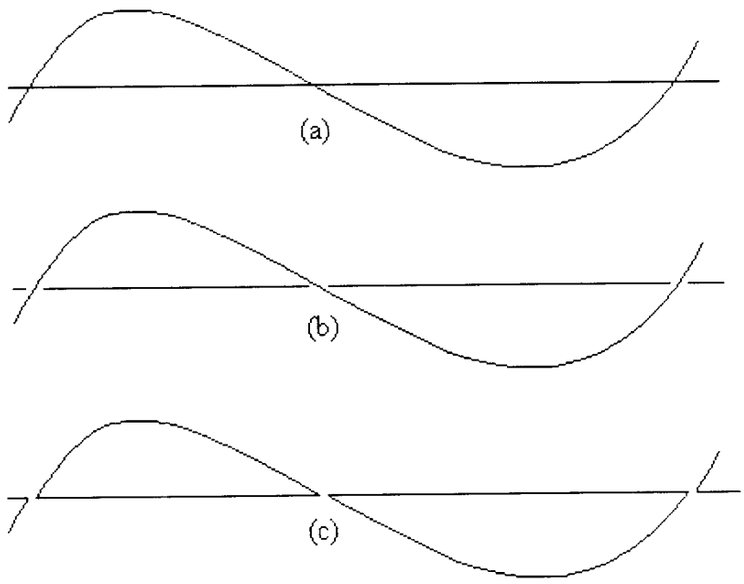


Figura 2.6: Um exemplo de continuidade. (a) Um padrão composto por uma curva colocada sobre uma linha. (b) Agrupamento por similaridade. (c) Agrupamento por proximidade.

Um aspecto ligado à continuidade é o *destino comum*, o qual se aplica a padrões que estão em mudança no tempo. Destino comum significa que itens que estão se movendo na mesma direção com a mesma velocidade tendem a ser agrupados juntos.

Outro aspecto ligado à continuidade é o *fechamento*, isto é, a tendência de ver figuras como unitárias, fechadas em um todo. Nós não só preferimos figuras que são fechadas, como também realizamos um fechamento em nossa mente. A Figura 2.7 é um exemplo disto, onde nós não temos nenhuma dificuldade em ver a figura como um círculo, apesar da mesma possuir uma pequena falha em sua circunferência.

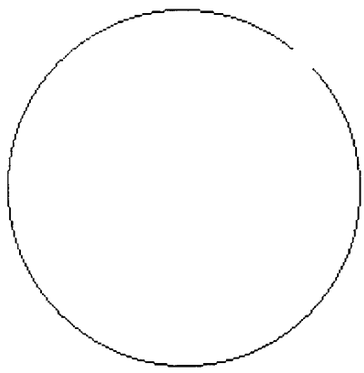


Figura 2.7: Um exemplo de fechamento.

Retornado ao *prägnanz*, temos ainda o aspecto denominado *simetria*, que acontece, por exemplo, quando a metade esquerda da figura é uma imagem no espelho da metade direita da mesma figura, ou vice-versa.

Geometricamente, a simetria pode ocorrer em qualquer eixo, não somente sobre um eixo composto por uma linha central vertical. Entretanto, nós podemos detectar melhor a simetria em torno de um eixo vertical do que em torno de um outro eixo qualquer (Levine & Shefner, 1991).

Uma imagem que possui uma forma simétrica pode ser mais facilmente percebida do que uma imagem que possui uma forma assimétrica. Por exemplo, na Figura 2.8a, que possui um arranjo simétrico de círculos abertos embutidos em um fundo composto por pontos, é mais fácil a percepção do arranjo do que na Figura 2.8b, que possui um arranjo assimétrico. Tal arranjo é somente visível em qualquer caso devido ao agrupamento por similaridade.

Figura 2.8: Demonstração que a simetria facilita a percepção. (a) Um padrão simétrico de cinco círculos em um arranjo de pontos. (b) Um padrão assimétrico de cinco círculos em um arranjo de pontos.

Logo, podemos concluir que uma boa forma (ou uma boa figura), pode ser mais fácil de ser percebida do que uma forma não tão boa e, ainda, que as boas formas são mais difíceis de serem decompostas em outras formas. Um exemplo desta dificuldade pode ser visto através da separação da Figura 2.9a, em outras duas boas formas como da Figura 2.9b.

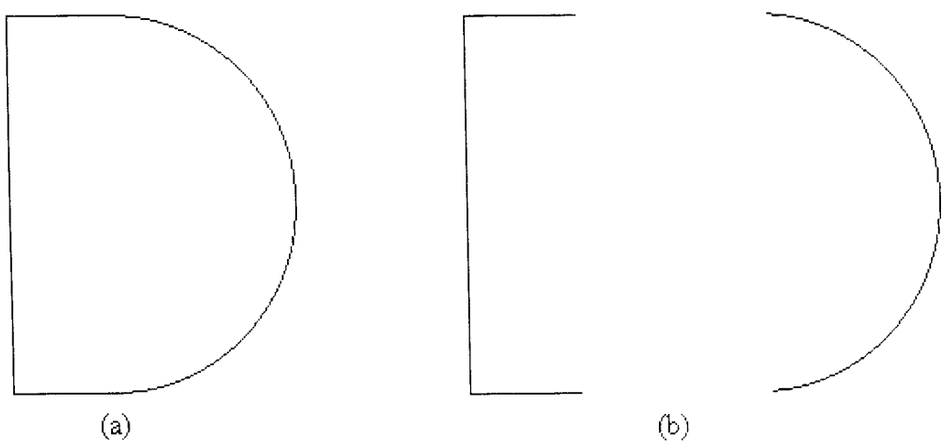


Figura 2.9: Decomposição de uma figura em duas boas formas. (a) A figura. (b) As duas boas formas.

Todos estes fatos mencionados podem dar uma razoável definição de *prägnanz*, porém podemos fazer uma melhor definição seguindo duas linhas de quantificação do *prägnanz*. A primeira delas equipara *prägnanz* com simplicidade ligada à *complexidade*, e a segunda equipara *prägnanz* com simplicidade, mas esta ligada ao menor quantidade de informação contida na figura. A palavra informação aqui utilizada possui o mesmo significado que a utilizada na teoria da comunicação.

Complexidade pode ser definida como um somatório de pesos atribuídos à figura ou forma, tais como: *curvatura*, *angularidade*, *número de lados*, e a *razão entre o quadrado do perímetro e a área* (P^2/A) (Attneave, 1957 e Levine & Shefner, 1991). Alternativamente, complexidade pode ser definida como o número de características (linhas, ângulos, áreas) que são necessárias para se realizar uma amostragem de uma figura de modo que se possa compreendê-la inteiramente (Levine & Shefner, 1991).

Em relação a quantidade de informação contida em uma figura, a que apresentar uma menor quantidade será considerada a mais simples, ou seja, será uma melhor boa figura. O mesmo acontece em relação à complexidade, ou seja, a que apresentar uma menor complexidade será considerada a mais simples, portanto a melhor "*boa figura*".

2.3 Teoria da Integração das Características

Até agora temos nos referido à percepção de um objeto como se o mesmo fosse essencialmente construído pelas informações provenientes da imagem retinal, dando talvez a impressão que a construção em seu todo aconteça

automaticamente e de imediato, sem qualquer enfoque para todas as partes do campo visual. Entretanto, isso não é verdadeiro, pois podemos somente construir a percepção de um objeto de cada vez focando nossa atenção em uma particular localização do campo visual, extraindo assim todas as informações contidas nessa localização.

Uma versão deste fato é a *Teoria de Integração das Características*, a qual assume a existência de dois grandes estágios na construção da percepção de um objeto. O primeiro estágio consiste em um *processo de pré-atenção* que atua sobre as informações da imagem retinal para produzir formas e registar suas características. O segundo estágio consiste no *processo de atenção focal*, que atua selecionando uma localização espacial e integrando as características registradas nesta localização a fim de que ocorra a percepção do objeto.

Esta percepção do objeto consiste de uma representação temporária da corrente aparência do objeto, a qual é constantemente atualizada de acordo com o recebimento de novas informações visuais. Quando a atenção é deslocada para outro objeto devido ao desaparecimento do objeto anterior, ou devido a um processo de varredura do ambiente, ou devido a uma distração; o objeto percebido é apagado e substituído por um novo em uma localização diferente.

2.4 Reconhecimento e Identificação de Objetos

Primeiramente, devemos definir os conceitos de reconhecimento e de identificação. O reconhecimento de um objeto significa a experiência de perceber ou compreender o mesmo devido a um prévio conhecimento dele. Já a identificação de

um objeto consiste em efetuar uma classificação do mesmo seguindo algum esquema de caracterização, conhecendo em qual contexto o objeto é usualmente encontrado e sua relação com os outros contextos.

Deste modo, o reconhecimento está relacionado com o conceito de familiaridade, pois quanto mais vezes realizarmos a percepção de um objeto, mais organizados serão os vários processos que geram e mantém a percepção do objeto devido a sua particular combinação de características. Entretanto, o processo de integração das características está diretamente ligado ao processo de memória, levando assim ao conceito de familiaridade na próxima vez que a particular conjunção das características do objeto for encontrada.

A identificação, porém, está relacionada com algum tipo de processo restaurador. A representação da percepção do objeto é criada por um momento e então deve ser comparada com outras representações memorizadas, através da observação das ligações destas representações com outras informações armazenadas na memória.

2.5 Processamento Dirigido dos Dados e Dirigido Conceitualmente

A teoria de integração das características e muitas outras assumem pelo menos dois tipos de processamentos psicológicos.

Um deles se refere a um *processamento dirigido dos dados*, que tem início na rede de sensores das informações da retina, sendo caracterizado por um processamento dos dados ligado diretamente a um conjunto fixado de regras ou

procedimentos. Isto é, os próprios dados dirigem o processamento, desde que as regras se preocupem em registrar particulares padrões presentes nos dados.

Este tipo de processamento dirigido dos dados está envolvido no registro das características de distinção, tais como diferenças na luminosidade da imagem, orientações das linhas, intersecções, ou outros atributos que distinguem um padrão dos outros. O primeiro estágio de um processamento de pré-atenção da teoria de integração das características é suposto ser do tipo de um processamento dirigido dos dados.

O outro tipo de processamento é denominado *processamento dirigido conceitualmente*, onde temos processos com um alto nível de concepção, tais como memórias de experiências passadas, estratégias de organização geral e expectativas baseadas no conhecimento do mundo e eventos prévios ou contextos semelhantes, os quais geram uma ativa busca de certos padrões nos estímulos de entrada.

Um exemplo de um processamento dirigido conceitualmente é o estágio de integração das características da *teoria de integração das características*, onde a atenção focal seleciona um local no espaço e integra as características deste local resultando em uma percepção de um objeto, talvez em conjunção com uma prévia expectativa.

Os dois tipos de processamento citados podem ocorrer juntos ou em seqüência, mas ambos devem ocorrer, pois se somente o processamento dirigido conceitualmente ocorrer, devemos ver somente o que tínhamos a expectativa ver, cometendo muitos erros. Por outro lado, se somente o processamento dirigido dos dados ocorrer, não seríamos capazes de tirar vantagem da nossa grande quantidade de experiências com o mundo visual para aumentar o funcionamento de nossa

percepção, especialmente em ambientes pobres, e do fato de distinguirmos as informações relevantes das irrelevantes que se apresentam a nossas retinas.

2.6 Processamento Global e Local

A regra mais apropriada para o processamento dirigido dos dados é a regra das características *locais*, tanto no reconhecimento como na identificação dos objetos. As características locais podem ser tomadas como uma visão em pequena escala ou uma visão detalhada dos aspectos das figuras (Shimaya, 1997).

Entretanto, é difícil definir o que é uma característica local: Qual deve ser o tamanho de uma pequena escala para que uma característica seja definida como local? E se uma forma (ou figura) não possuir nenhuma característica nesta particular escala? É necessária a presença de características locais? O que podemos fazer é comparar as características locais com o todo de uma forma, ou seja, os aspectos *globais* que são as características que representam a forma (ou figura) em seu todo.

Por exemplo, na Figura 2.10 temos uma forma cuja característica global é uma letra *H* composta de pequenos *S*, que por sua vez se apresentam como as características locais. Porém, cada pequeno *S* possui suas características locais, como por exemplo, segmentos de linhas curvas. Entretanto, cada uma destas linhas curvas possui também suas características locais, no caso os pontos de impressão que compõem estas curvas (somente visíveis se efetuarmos uma magnificação da figura).

Portanto, podemos dizer que os termos *local* e *global* são relativos, ou seja, devemos especificar o nível de detalhe quando os utilizamos.

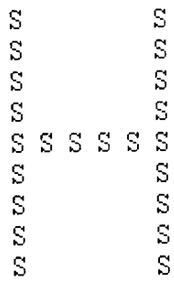


Figura 2.10: Um exemplo onde o processamento global é detectado mais rápido do que o local.

Um interessante fato a ser notado a respeito do processamento global e local é que a detecção de um aspecto global de uma figura pode ser mais rápida do que a detecção de um uma aspecto local. Isto se parece com a posição da Gestalt, a que diz que as figuras (em seu todo) que podem ser agrupadas segundo os *princípios de Gestalt* são mais facilmente percebidas do que aquelas que só podem ser agrupadas através de características locais.

Um exemplo deste fato é a Figura 2.10, onde se percebe mais rapidamente a letra *H* composta de *S* do que as próprias letras *S*, pois a letra *H* constitui uma característica global e as letras *S* constituem as características locais.

Mas, o fato anterior não se apresenta como uma regra geral, pois há casos em que o processamento global e local são detectados simultaneamente, ou seja, em paralelo e com aproximadamente igual velocidade, e ainda existem casos onde as características locais são detectadas mais facilmente do que as características globais.

Um exemplo onde as características locais são mais facilmente detectadas do que as características globais é apresentado na Figura 2.11, onde se percebe mais rapidamente as letras *S* do que a letra *H* composta de *S*. Isto ocorre devido a um aumento do espaçamento entre as letras *S* que compõem a letra *H*.

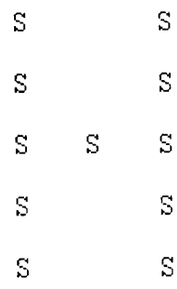


Figura 2.11: Um exemplo onde o processamento local é detectado mais rápido do que o global.

Assim, podemos dizer que o processamento global só será mais rápido quando a figura ou forma possuir certas condições específicas. Por exemplo, além do espaçamento, temos também o tamanho absoluto de uma figura, que determina onde as características locais e globais são processadas mais rapidamente. No caso da Figura 2.10, quando a mesma é muito grande, as letras *S* tornam-se mais salientes e mais fáceis de serem percebidas do que a letra *H*.

Um último aspecto em relação às características globais e locais é que estas estão ligadas à atenção de um observador, pois tal observador irá voluntariamente dirigir sua atenção para um aspecto global ou local de uma figura, fornecendo assim o tipo de processamento dominante.

2.7 Estímulo Integral e Separado

Existem alguns aspectos em uma boa figura que a torna especial: ela possui uma certa totalidade unitária, isto é, aparenta uma coerência que dificulta a quebra em componentes.

Seguindo esta idéia, podemos introduzir o conceito de *estímulo integral*, o qual é um estímulo que possui todos os seus aspectos vistos simultaneamente. Um estímulo integral possui muitas características remanescentes de uma boa figura.

Em oposição ao estímulo integral, temos o conceito de *estímulo separado*, ou seja, é um estímulo que possui características que não podem ser facilmente integradas.

Alguns agrupamentos de estímulos separados podem apresentar uma melhor configuração do que outros agrupamentos. Assim, podemos dizer que estes estímulos apresentam uma *característica configural*.

Geralmente, tais estímulos possuem algumas qualidades de Gestalt, como fechamento ou simetria. Por exemplo, um par de parênteses como ( ) se apresenta melhor como figura, e é percebido mais rapidamente do que um par como ((, porém ainda se apresentam como estímulos separados.

Do mesmo modo que na determinação do processamento dominante ser global ou local, a atenção também se relaciona com uma boa figura para determinar como processamos certos padrões.

Muitos padrões não são realmente muito bons e não se apresentam totalmente como estímulos integrais. Um exemplo disso é a letra *H* formada por *S* da Figura 2.11. Tal estímulo é percebido como um objeto (no caso a letra *H*) por fatores atencionais, bem como pelos princípios de Gestalt.

Segundo a *teoria da integração das características*, nós precisamos prestar atenção em um particular local do espaço visual, a fim de que possamos juntar às características de um padrão extraídas separadamente, para obtermos a percepção de um objeto.

Isto pode explicar porque a atenção dividida entre os aspectos de um padrão torna a identificação lenta em todos os níveis. Quanto menos prestarmos atenção as características de um certo nível, mais difícil e lenta será a combinação deste aspecto na percepção de um objeto.

Logo, podemos dizer que nossa atenção é atraída por boas figuras, ou melhores aspectos de figuras, o que explica porque melhores características são mais facilmente e rapidamente agrupadas na percepção de objetos. Os princípios de Gestalt atuando em todos os padrões produzem grupos de elementos que deverão ser facilmente agrupados em uma unidade de percepção.

A relação entre atenção e os princípios de Gestalt é análoga à relação de uma locomotiva de um trem com seu trilho: A força e o movimento são providenciados pela locomotiva (no caso atenção), e o caminho que deve ser seguido é determinado pelos modelos dos trilhos (os princípios de Gestalt). Naturalmente, o combustível, que fornece a energia da locomotiva, são as características extraídas pelo processamento dirigido dos dados.

2.8 Contexto e Identificação

A qualquer momento o processo de percepção é influenciado pela expectativa, prévias experiências, hipóteses ou qualquer princípio de organização global, o que demonstra a operação do processamento conceitualmente dirigido.

Um exemplo da importância do processamento conceitualmente dirigido é mostrado na Figura 2.12, onde podemos notar duas linhas de caracteres. A linha superior possui os caracteres A, B, C, D, E, F e a linha inferior 10, 11, 12, 13, 14, porém se voltarmos nosso olhar somente sobre os caracteres podemos notar que o B e o 13 são idênticos, ou seja, o mesmo caracter é interpretado como B no contexto das letras e como 13 no contexto dos números.

Como os estímulos de entrada (caracteres) são os mesmos para a percepção da letra B e do número 13, podemos dizer que a percepção foi afetada por um processamento conceitualmente dirigido baseado no conhecimento e suposição devidos ao contexto.

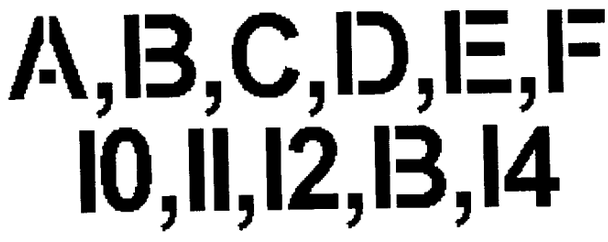


Figura 2.12: O efeito do contexto na percepção de formas. A letra B e o número 13 são idênticos.

Logo, a interpretação final de uma cena visual depende dos dois tipos de processamentos, o processamento dirigido dos dados e o processamento conceitualmente dirigido. Isto pode ser demonstrado na Figura 2.13 onde temos a percepção de uma face. Podemos notar que qualquer saliência ou linha da superfície, quando estiver no contexto da face (Figura 2.13a), irá descrever as características de uma face, e quando tais saliências ou linhas estiverem fora do contexto face (Figura 2.13b), estas não descreverão os objetos muito bem.

Entretanto, se colocarmos mais detalhes na representação, tal como na Figura 2.13c, as saliências ou linhas passarão a não ser tão ambíguas como quando apresentadas isoladas do contexto face.

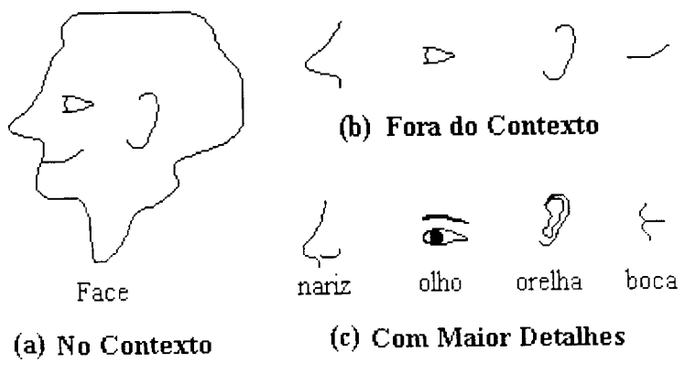


Figura 2.13: A influência do contexto na representação de uma face. (a) Componentes da face no contexto. (b) Os componentes fora do contexto. (c) Componentes fora do contexto, porém com maiores detalhes.

Logo, a Figura 2.13a se apresenta como uma situação onde a expectativa do processamento conceitualmente dirigido compensa a perda de detalhes da extração da características pelo processamento dirigido dos dados.

2.9 Teoria de Identificação do Objeto

Muitas teorias tentam explicar como um objeto percebido é identificado. Um fato comum em várias destas teorias é a suposição de que durante o primeiro estágio da percepção a informação da imagem retinal é processada a fim de determinar características simples. Então, em um segundo estágio ocorre a combinação das características a fim de obtermos a percepção de um objeto. E somente em um terceiro estágio é comparada com a memória de outros objetos percebidos, com a finalidade de determinar a identificação do estímulo.

A expectativa e o contexto atuam no estágio de comparação do estímulo de entrada com a memória, a comparação requerida para a identificação não necessita ser tão boa se um particular objeto é esperado devido ao contexto ou se estivermos buscando pelo mesmo. A maior discordância provém da especificação de quais aspectos ou características do objeto percebido são usados no processo de comparação.

2.9.1 Teoria do Pandemônio

Uma conhecida teoria que enfatiza um processamento dirigido dos dados na extração das características é a teoria do *Pandemônio*. Esta teoria recebe este nome, pois cada estágio de análise de um padrão de entrada é concebido como um grupo de *demônios* gritando para outro grupo o resultado da análise deles; a Figura 2.14 mostra o funcionamento desta teoria.

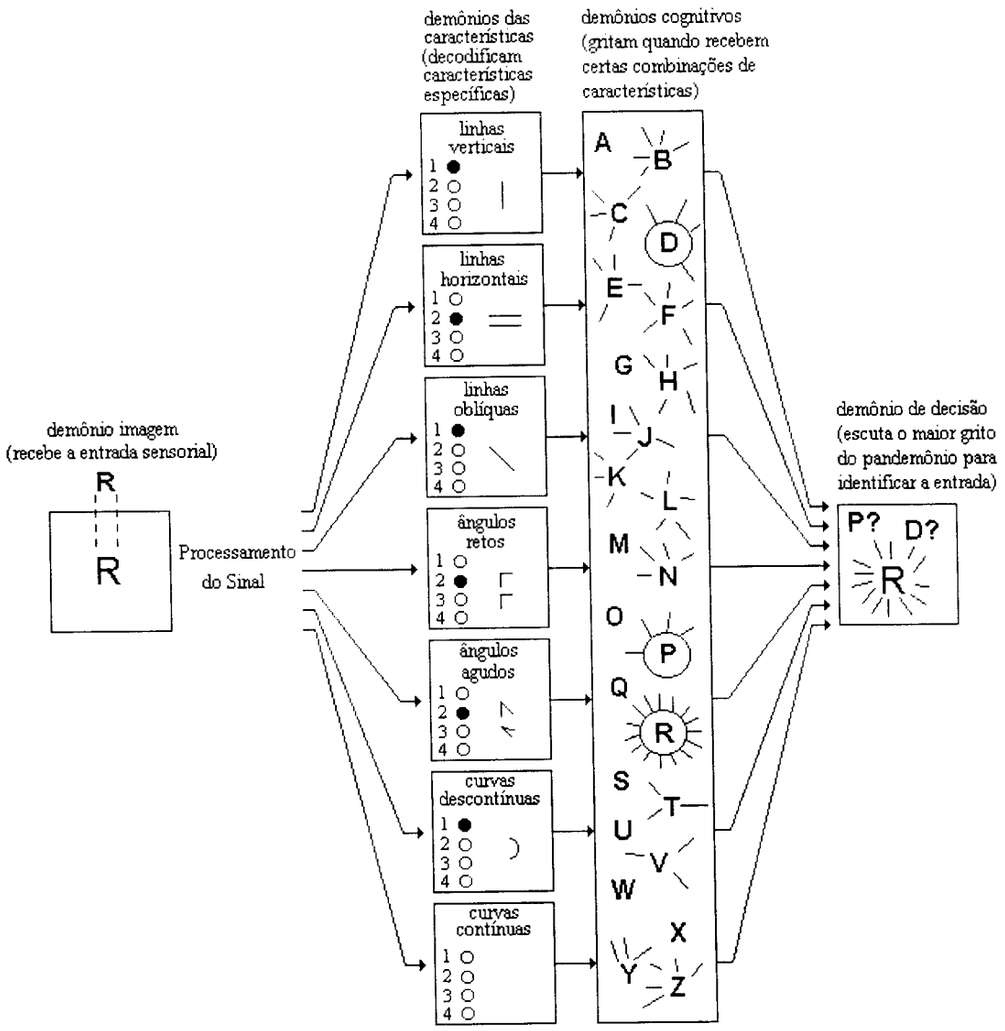


Figura 2.14: Modelo do Pandemônio. O número de cada tipo de característica registrada por um demônio das características é indicado pelo círculo em negrito de cada caixa.

No primeiro estágio, um *demônio imagem* passa o conteúdo da imagem retinal para cada um dos conjuntos de *demônios das características*, os quais gritam quando detectam a característica específica dele no padrão de entrada. Tais gritos são ouvidos pelos *demônios cognitivos*, que ficam escutando uma particular combinação de gritos dos *demônios das características*. Com a informação gerada pelos *demônios das características*, os *demônios cognitivos* começam a gritar

quando eles encontram uma característica apropriada ao próprio padrão deles, porém quanto mais características eles encontrarem, mais forte eles gritarão. Um *demônio de decisão* escuta o *"pandemônio"* causado pelos gritos dos vários *demônios cognitivos*, e escolhe o *demônio cognitivo* (ou padrão) que estiver causando o maior barulho como sendo o padrão presente no sistema visual.

2.9.2 Identificação por Componentes

Apesar da teoria do pandemônio ser bastante conhecida, esta apresenta alguns defeitos, sendo um deles o fato de que o conjunto de características usado para caracterizar a percepção de um objeto é arbitrário. Este problema tem sido contornado utilizando-se a teoria de que os objetos podem ser representados por um conjunto de partes ou módulos.

De acordo com esta teoria, existem algumas propriedades simples da geometria visual que, geralmente, permanecem constantes, mesmo que a imagem e o observador estejam se movendo e mudando de vários modos. Destas propriedades resultam um conjunto de componentes simples que compõem todos os objetos que podem ser percebidos.

Estes componentes, chamados *geons*, são variações de um cilindro generalizado. Podemos ver na Figura 2.15a alguns destes *geons* e algumas das variedades de formas que podem ser derivadas de um deles. Na Figura 2.15b podemos notar como a combinação de simples *geons* podem resultar em vários objetos de percepção.

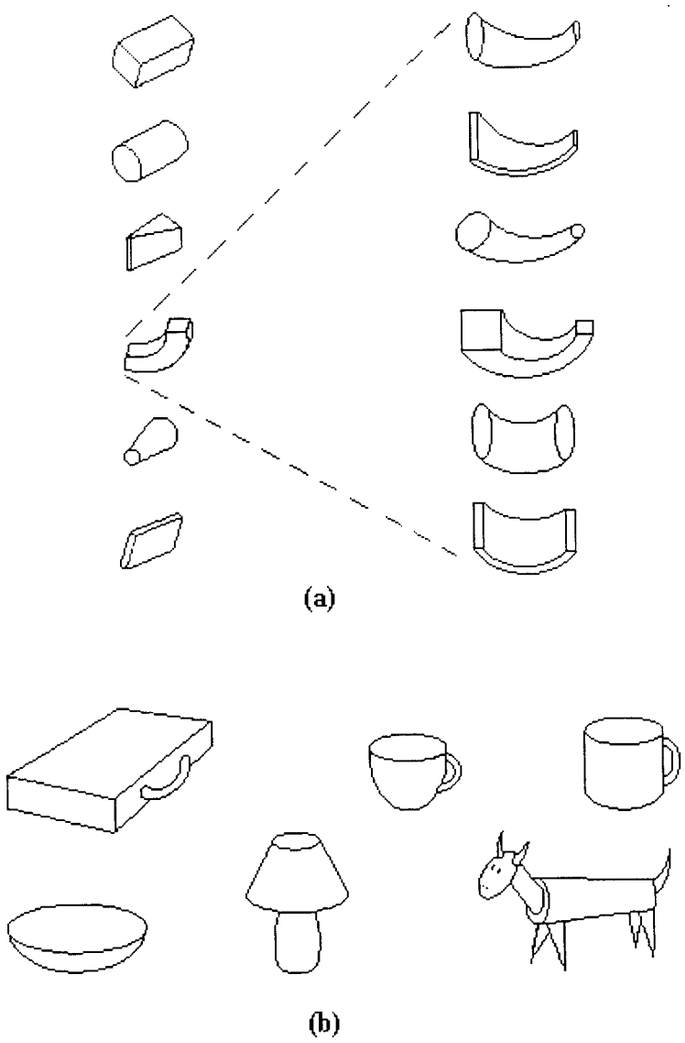


Figura 2.15: Exemplos de geons. (a) Na esquerda temos um conjunto de geons; e na direita algumas formas que podem ser criadas a partir de um deles. (b) Alguns objetos que podem ser originados de geons.

A importância dos *geons* está no fato de podermos degradar um padrão até permitir uma organização com poucos *geons* para serem vistos, o que não impede a identificação do objeto, pois esta organização de *geons* será comparada com outras organizações de *geons* que se apresentam na memória. Entretanto, se o objeto nunca foi visto antes, este ainda pode ser analisado em termos de *geons*.

Podemos também aplicar o conceito de *prägnanz* aos *geons* que compõem um objeto, ao invés de aplicá-lo em todo o objeto. Assim tendemos a ver o melhor *geon*, ou seja, o *geon* que dará uma preferência ao melhor objeto durante a percepção.

2.10 Teorias Sobre Atenção

Esta seção não trata diretamente da percepção de formas, mas apresenta uma breve discussão sobre atenção, que possui um vínculo com a percepção, como pudemos notar através das seções anteriores.

Primeiramente, antes de citarmos algumas teorias sobre atenção vamos fornecer uma definição do que seja atenção.

Os nossos receptores são constantemente "bombardeados" por diversos estímulos, entretanto a nossa capacidade para perceber, processar e interpretar estes estímulos é limitada. Deste modo, somos forçados a escolher entre todos os estímulos aqueles que serão vistos, escutados, tocados, cheirados ou saboreados. Assim, os vários modos como fazemos a seleção dos estímulos, ou seja, como sentimos o nosso mundo, recebem geralmente o nome de *atenção*.

Retornando as teorias sobre atenção, todas elas tentam explicar porque a atenção permite que algumas informações alcancem a consciência enquanto observamos outras informações.

As primeiras teorias sobre atenção são teorias estruturais, pois estas admitem que a atenção é estruturalmente limitada. Estas supõem que existe um "gargalo" ou um filtro em algum lugar no sistema de processamento das

informações, sendo que somente um ou muito poucos estímulos podem passar ao mesmo tempo. Tal gargalo está situado muito primariamente no processo de percepção, logo após o registro do estímulo pelo sistema sensorial e antes que o significado do estímulo de entrada possa ser determinado. Isto é denominado *seleção primária*, sendo esquematicamente representado na Figura 2.16.

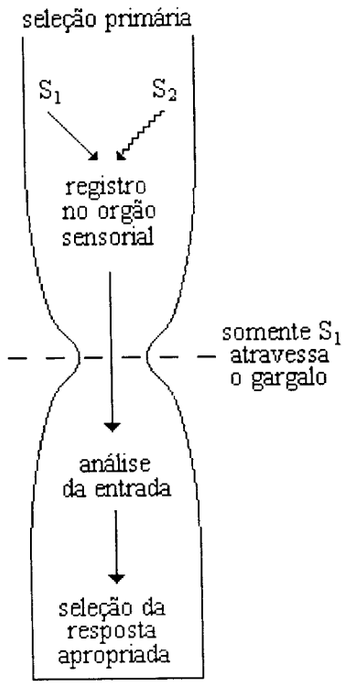


Figura 2.16: Modelo de atenção com a existência de um gargalo e seleção primária.

Esta *seleção primária* não é inteiramente correta, pois existem evidências que pelo menos alguma análise é efetuada sobre as informações que se originam dos canais de percepção que não estão sendo assistidos, ou seja, dos canais que não estamos prestando atenção. Este processamento pode afetar nossa resposta, mesmo que ignorarmos este fato.

Este tipo de evidência levou ao surgimento de teorias estruturais que enfatizam a *seleção tardia*. Esta teoria aceita a hipótese de que todas as informações que entram no sistema sensorial recebem uma análise preliminar, sendo que o gargalo só ocorrerá, mais ou menos, no estágio onde se processa a consciência, quando a informação está entrando na memória de longa duração. Um esquema que representa o modelo desta teoria é mostrado na Figura 2.17.

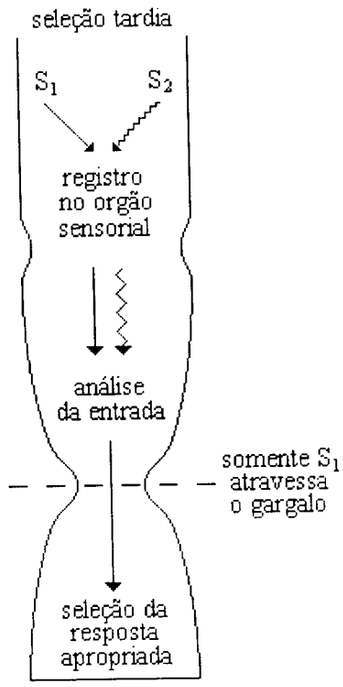


Figura 2.17: Modelo de atenção com a existência de um gargalo, mas com seleção tardia.

Outros tipos de teorias tem sido estudas, especialmente aquelas que envolvem uma comparação entre a atenção focal e dividida.

Em geral, parece que a divisão da atenção entre duas tarefas ou busca para mais que um alvo, é mais difícil do que focalizar em uma tarefa ou alvo, o que nos leva a acreditar na existência de um *recurso da atenção* que pode ser usado pelas

tarefas. Entretanto, se houver mais demanda do que recursos disponíveis, a performance deverá diminuir.

A primeira teoria que sugeriu a idéia de uma capacidade limitada aplicada à atenção usava somente um reservatório simples de capacidade. A representação do modelo desta teoria é mostrado nas Figuras 2.18a e 2.18b.

Na Figura 2.18a toda a capacidade disponível é usada para uma tarefa, enquanto na Figura 2.18b temos uma divisão da atenção, a capacidade deve ser também dividida, exigindo, assim, menos recursos de processamento para cada tarefa.

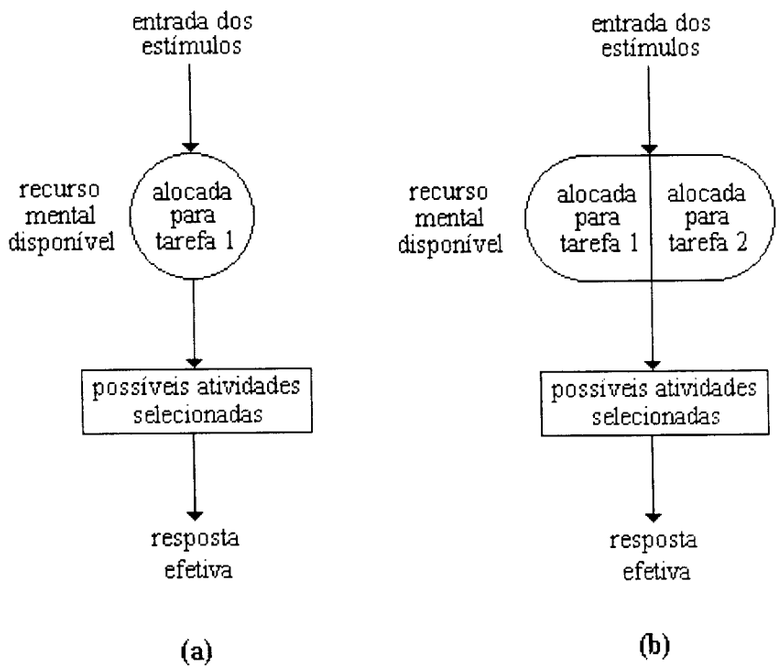


Figura 2.18: Modelos de atenção com capacidade limitada. (a) Toda a capacidade é utilizada em uma só tarefa. (b) A capacidade é dividida entre as tarefas, ou seja, temos uma atenção dividida.

Entretanto, o modelo anterior de um único reservatório de capacidade sofreu algumas alterações, devido ao fato de que a divisão da atenção não é realizada igualmente entre as tarefas. Assim, o novo modelo supõe a existência de múltiplos recursos, como podemos notar através da representação na Figura 2.19.

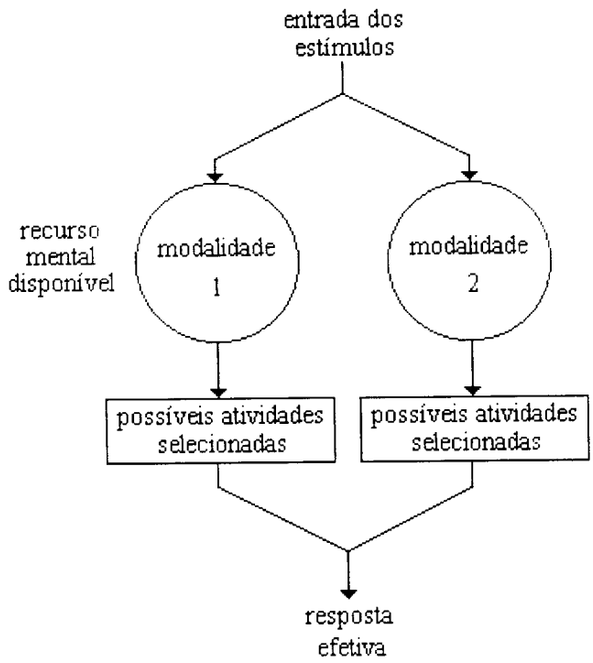


Figura 2.19: Modelo de atenção com capacidade limitada, mas com múltiplos recursos.

Alguns destes recursos são provavelmente específicos de uma particular modalidade, ao passo que outros podem ser atribuídos a um gerenciamento que monitora as entradas de várias modalidades e controla o acesso à seleção da resposta. Caso a atenção para uma tarefa interferir com a atenção para outra, teremos uma junção que dependerá das características das tarefas e, conseqüentemente, o processamento requerido.

Outros tipos de teorias ainda sugerem uma união dos modelos de gargalos com os modelos das capacidades, o que poderá trazer um sentido para coisas como seletividade e capacidade limitada nos dois estágios de processamento, o primário e o tardio.

Uma discussão mais completa sobre o processo de atenção visual pode ser obtido através dos trabalhos de Heinke & Humphreys (1997); Van de Laar, Heskes & Gielen (1997); Kustov & Robinson (1996); Vecera & Farah (1994); Kawabata (1993); Lumer (1992) e Cooper & Juola (1990).

3. O Experimento Psicofísico

Neste capítulo descreve-se o experimento psicofísico utilizado na investigação da percepção visual de saliências em formas bidimensionais.

3.1 Noções Básicas do Experimento

Como podemos notar através da teoria exposta no Capítulo 2, o processo de percepção de formas segue algumas regras, como as verificadas pelos psicólogos da escola conhecida como Gestalt, que definem se uma figura é uma "*boa figura*".

Entretanto, quase todas as regras expostas no Capítulo 2 classificam uma figura de forma qualitativa e não quantitativa, ou seja, não expressam se uma figura é uma "*boa figura*" através de alguma expressão matemática, uma grandeza física ou outra qualquer.

Outro fato, que pode ser notado, é que a teoria exposta anteriormente foi realizada sobre o estudo de várias formas de imagens, e não especificamente sobre a percepção de saliências em formas bidimensionais.

Portanto, podemos dizer que as mesmas regras utilizadas para classificar a percepção de imagens com uma forma qualquer pode ser aplicada para classificarmos as saliências em formas bidimensionais?

Logo, um dos objetivos deste trabalho seria o de verificar a validade das regras que classificam se uma figura se comporta como uma uma "*boa figura*" para as saliências em formas bidimensionais, ou seja, realizar um processo investigativo da percepção das saliências em formas bidimensionais.

O segundo dos objetivos seria o de modelar a percepção dessas saliências através de simples equações matemáticas, que são também utilizadas para expressar grandezas físicas, sendo isto realizados nos Capítulos 4 e 5.

Assim, a fim de atingirmos os objetivos anteriores e manter-se as condições e padrões impostas para a realização do experimento, como o baixo custo financeiro (quando comparado a equipamentos que também fornecem os dados desejados) e a facilidade de manuseio para que o mesmo possa ser amplamente difundido, foi desenvolvido um experimento psicofísico em "software", o qual foi implementado na linguagem Delphi. Este software foi denominado *Controle do Experimento* e encontra-se melhor explicado no Apêndice II.

Tal experimento será detalhado em seguida, juntamente com as respectivas imagens, ou formas, apresentadas ao indivíduo sob teste.

Preliminarmente, devemos fazer uma breve discussão a fim de introduzirmos os termos psicofísicos específicos relacionados com o experimento em questão, utilizando como base os termos psicofísicos descritos no Apêndice I.

Todo experimento psicofísico possui alguns aspectos que devem ser respeitados (de acordo com a teoria psicofísica apresentada no Apêndice I), pois

deste modo podemos favorecer a validade e representatividade dos dados obtidos pelo mesmo. Entre estes aspectos, podemos destacar a *sensação* ou *estímulo* como sendo o mais importante aspecto do experimento realizado.

A seção seguinte descreve as principais características dos estímulos utilizados neste experimento, os quais são apresentados aos *observadores*, ou seja, os indivíduos sob teste.

3.2 Características Principais dos Estímulos ou Sensações

Os estímulos utilizados neste experimento restringem-se a estímulos de ordem visual dentro de um certo grau de complexidade. Todos os estímulos são formas ou contornos apresentados na tela de um monitor, sempre na cor mais básica possível. Neste caso optou-se pela cor branca, sobre um fundo de cor preta. Tal combinação elimina a possibilidade de ocorrer uma influência nas respostas geradas por preferências de escolha de cores por parte dos observadores.

Optamos, assim, por cores que possam ser interpretadas facilmente como *níveis de cinza* puros, ficando praticamente limitados às combinações do fundo preto com estímulos brancos, ou vice-versa. Entretanto, a primeira hipótese foi a escolhida, pois na segunda teríamos sempre um alto fator de luminosidade, o que poderia acarretar um certo "cansaço" aos olhos dos observadores ao longo do experimento psicofísico.

Tendo estabelecido as cores dos estímulos e do fundo onde os mesmos são apresentados, resta-nos agora definir as condições iniciais para a realização do experimento psicofísico.

3.3 Condições Iniciais e os Tipos de Estímulos do Experimento

Durante todo o experimento psicofísico, é de extrema importância que se mantenham constantes as variáveis que podem influenciar nos resultados do experimento, pois somente desse modo podemos obter um conjunto de respostas que serão úteis no processo investigativo das regiões escolhidas pelos observadores.

A primeira dessas variáveis consiste em ajustarmos as condições necessárias para a realização adequada do experimento, as quais envolvem a utilização de um microcomputador que possua em sua configuração básica pelo menos um monitor de 14 polegadas (tela plana), que aceite como um fator de resolução de tela de 1024 x 768 pixels (1 pixel $\cong$ 0.28 mm), e que possua como sistema operacional o Windows 95.

Tal configuração é necessária para que não ocorra nenhuma alteração nas imagens utilizadas neste experimento psicofisico. Além disso, tal microcomputador deve estar situado em um ambiente que não cause grandes interferências no experimento, tanto de ordem visual, como de outros tipos.

A segunda das variáveis, que podem influenciar nos resultados do experimento, é o local inicialmente visualizado pelo observador antes da apresentação dos estímulos.

O local escolhido para que seja inicialmente visualizado pelo observador foi um ponto sobre o fundo onde os estímulos serão apresentados, mais precisamente o ponto central da imagem de fundo.

A distância entre a tela e a face do observador utilizada nos experimentos aqui relatados foi de cerca de 20 centímetros, porém outros valores podem ser testados.

Com o objetivo de se manter fixa a face do observador e a distância entre a tela e a face sobre o ponto central da imagem de fundo, reduzindo assim os erros de fixação provenientes de movimentos da face e padronizando o experimento, foi desenvolvido um suporte para a cabeça do observador, sendo este muito semelhante aos utilizados para exames oftálmicos ("queixeira").

Entretanto, somente o uso de tal suporte não é suficiente para reduzirmos os movimentos voluntários dos olhos do observador, ou seja, os movimentos sacádicos (Carpenter, 1977 e Tovée, 1996). Foi necessária, também, a utilização de um estímulo inicial (ver Figura 3.1), denominado de *estímulo central* ou *imagem estímulo central*, cujo centro de massa encontra-se exatamente sobre o ponto central do fundo preto, ou ponto de fixação visual inicialmente desejado.

Assim, quando um observador é orientado a visualizar tal estímulo central, temos todas as condições iniciais desejadas para a apresentação dos estímulos que compõem o experimento.

Esta imagem estímulo central possui as seguintes características:

– possui a forma de uma cruz de dimensões de 21 x 21 x 1 pixels (comprimento x altura x espessura) de cor branca sobre um fundo preto, conforme citado anteriormente a respeito das características principais dos estímulos;

– é a mesma durante todo o processo de obtenção dos dados, ou seja, não apresenta mudanças em suas características de uma *etapa de apresentação* para outra (o termo etapa de apresentação será melhor caracterizado posteriormente).

Após a apresentação inicial desse estímulo central, os estímulos são apresentados (ver Figura 3.1). Tais estímulos são denominados simplesmente de *imagens estímulos*, e possuem certas características básicas, como:

– apresentam-se como imagens de contornos fechados, as quais nunca ultrapassam 201 x 201 pixels, mantendo-se sempre a espessura de 1 pixel de cor branca;

– o centro de massa do contorno de uma imagem estímulo sempre se localiza sobre o centro da imagem estímulo central;

– a imagem estímulo vista pelo observador é trocada em cada etapa de apresentação.

O fato de utilizarmos somente formas que sejam contornos como estímulos ao invés de objetos preenchidos está relacionado com o fato de tentarmos utilizar os estímulos mais simples possíveis.

Porém, o fato de que os contornos são obrigatoriamente fechados está intimamente ligado ao processo de modelagem da região escolhida pelo observador. Caso os contornos fossem abertos, as extremidades seriam pontos de singularidade que acarretariam em interferências no processo de modelagem.

O tamanho adotado para as imagens estímulos, ou seja, de 201 x 201 pixels, está relacionado com o fato de que toda imagem estímulo, quando apresentada a um observador que possui sua face fixada pelo suporte citado anteriormente, deve ser visualizada por completo.

Isto é, toda imagem estímulo deve estar situada no campo visual dos olhos do observador, não necessariamente na área de maior acuidade visual, mas pelo menos na região onde tal observador possa distinguir suas características básicas.

Portanto, o processo de escolha do tamanho ideal de uma imagem estímulo que será utilizada no experimento psicofísico, é basicamente um processo experimental.

O tamanho da imagem estímulo está também ligada diretamente ao processo de modelagem da região escolhida. Este tamanho é um parâmetro que poderia ser variado, juntamente com a distância entre a tela e a face do observador utilizada nos experimentos.

O fato do ponto de fixação visual inicial coincidir com o centro de massa dos contornos das imagens estímulos está também ligado ao processo de modelagem. Isto será explicado posteriormente, na Seção 4.3.

Todas as imagens estímulos utilizadas neste experimento são apresentadas em uma escala de 1:1 com os seus respectivos tamanhos normais, mas com suas cores invertidas, no Apêndice VI e no Apêndice VII.

Outro tipo de imagem utilizada neste experimento psicofísico é denominada *imagem resposta* (ver Figura 3.1), pois é sobre a mesma que o observador fornecerá a resposta (ou dado) acerca da imagem estímulo apresentada anteriormente. Suas características principais são:

– possui a forma de uma circunferência de raio igual a 250 e espessura de 1 pixel, de cor branca;

– não é alterada em cada etapa de apresentação.

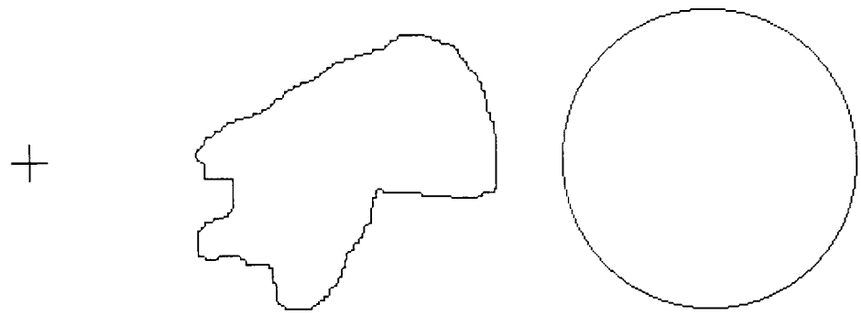


Imagem Estímulo Central | Imagem Estímulo FORMA1 | Imagem Resposta

Figura 3.1: Representação da Imagem Estímulo Central, da Imagem Estímulo FORMA 1 e da Imagem Resposta com uma redução por um fator de 3 do tamanho original.

3.4 Características do Experimento

Antes de iniciarmos a realização do experimento, devemos ajustar as características deste, as quais são: *Número de Divisões*, *Tempo de Apresentação do Estímulo Central*, *Tempo de Apresentação das Imagens Estímulos*, *Tempo de Apresentação do Círculo de Resposta*.

A característica *Número de Divisões* ajusta o número em que a circunferência da imagem resposta será dividida, ou seja, por exemplo o valor de 72 significa que tal circunferência é dividida em uma grade ortogonal de resposta de 5 em 5 graus. Uma melhor descrição desta grade de resposta ortogonal será fornecida posteriormente.

O valor máximo para a característica *Número de Divisões* é de 72 e o mínimo é de 1, resultando assim, respectivamente, divisões a cada 5 ou 360 graus.

As outras características *Tempo de Apresentação do Estímulo Central*, e *Tempo de Apresentação das Imagens Estímulos*, ajustam respectivamente o tempo em que o estímulo central e as imagens estímulos permanecem visíveis ao observador durante uma etapa de apresentação. Os valores dessas duas características podem variar desde 0,1 até 10 segundos.

A quarta característica, *Tempo de Apresentação do Círculo de Resposta*, é responsável pelo ajuste do tempo em que a imagem resposta permanece visível ao observador, a fim de que o mesmo nos forneça a sua resposta da imagem estímulo apresentada antes da imagem resposta. Seus valores também podem variar de 0,1 até 10 segundos.

Os valores destas características utilizados em todos os experimentos aqui realizados foram: Número de Divisões igual a 72, Tempo de Apresentação do Estímulo Central igual a 0,7 segundos, Tempo de Apresentação das Imagens Estímulos igual a 0,7 segundos e Tempo de Apresentação do Círculo de Resposta igual a 2 segundos.

A escolha do tempo de apresentação do estímulo central, das imagens estímulos e do círculo de resposta está diretamente ligada ao processo de percepção visual.

Portanto, como o intuito do experimento psicofísico é obter os dados necessários para que se possa realizar um processo investigativo da percepção de saliências em formas bidimensionais, mas sem que o processo de percepção entre em

estágios mais complexos, como por exemplo estágios onde se faz uso da memória, utilizou-se valores pequenos para os tempos de apresentação.

O ajuste ideal do tempo de apresentação para cada uma das características do experimento psicofísico é realizado de maneira experimental, mas sempre respeitando-se o fato descrito anteriormente

Com base nos esclarecimentos anteriores, podemos agora definir um método que possa fornecer em que posição se encontra o ponto de fixação visual, após a ocorrência de um estímulo, para que possamos investigar qual região do estímulo foi escolhida pelo observador. Isto é, podemos definir o método de apresentação e o método obtenção dos dados dos estímulos do experimento psicofísico.

3.5 Método de Apresentação

O método de apresentação das imagens estímulos que compõem o experimento psicofísico é basicamente formado pela escolha de uma *Lista de Apresentação* e pelo *Processo de Apresentação*, sendo estes descritos nas seções seguintes.

3.5.1 Lista de Apresentação

Após o ajuste das características do experimento, devemos escolher quais as imagens estímulos que serão apresentadas, e em que seqüência e orientação elas serão apresentadas ao observador.

Isto é realizado através das *Listas de Apresentações*, que são na realidade listas com os nomes das imagens estímulos que serão mostradas ao observador através do software *Controle do Experimento* (ver Apêndice II). A seqüência da apresentação das imagens estímulos será a mesma seqüência de ocorrência dos nomes das imagens na Lista de Apresentação.

Entretanto, a orientação das imagens foi tomada somente de quatro maneiras, ou seja, uma imagem estímulo possui somente quatro ângulos de orientação em relação a um eixo horizontal: 0 graus (imagem estímulo normal), 90 graus (imagem estímulo rotacionada de 90 graus em relação a imagem estímulo normal, no sentido anti-horário), 180 graus (imagem estímulo rotacionada de 180 graus em relação a imagem estímulo normal, no sentido anti-horário) e 270 graus (imagem estímulo rotacionada de 270 graus em relação a imagem estímulo normal, no sentido anti-horário).

Porém, a fim de tornarmos a apresentação das imagens estímulos a mais versátil possível, foram geradas previamente as quatros imagens estímulos rotacionadas para cada imagem estímulo existente, ao invés do software *Controle do Experimento* realizar as rotações necessárias.

Logo, a composição de uma Lista de Apresentação se restringirá somente na escolha dos nomes e da seqüência das imagens estímulos que serão apresentadas a um observador.

Por exemplo, se executarmos a Lista de Apresentação da Figura 3.1, teremos as seguintes imagens estímulos apresentadas: AVIÃO com rotação de 0 graus, FORMA 1 com rotação de 0 graus, FORMA 1 com rotação de 270 graus e AVIÃO com rotação de 90 graus.

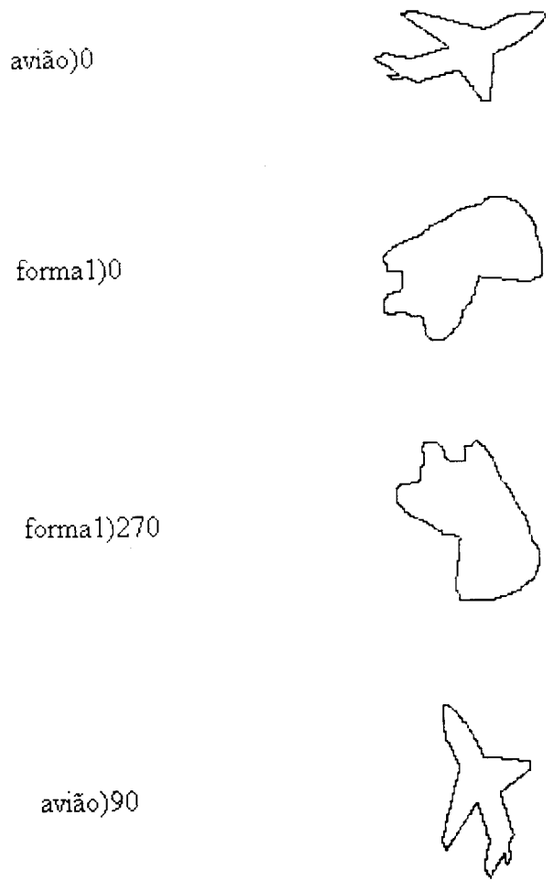


Figura 3.2: Exemplo de uma Lista de Apresentação com as respectivas imagens estímulos.

Além das imagens estímulos que compõem o Apêndice VI e Apêndice VII, uma Lista de Apresentação pode conter um tipo diferente de imagem estímulo, a imagem estímulo NULA. Esta imagem estímulo é assim denominada, pois não possui nenhum contorno, mas somente a forma de uma cruz em seu centro, como a imagem estímulo central, portanto pode ser interpretada como uma continuação do estímulo central, pois possui a mesma forma.

A função de tal imagem é de apenas manter o ponto de fixação visual sobre o centro da tela, como na imagem estímulo central, reduzindo assim os problemas causados pelos movimentos sacádicos dos olhos do observador, até que a imagem resposta seja apresentada.

Em outras palavras, com esta imagem NULA e com a imagem resposta, torna-se possível analisar a preferência do observador para a prévia escolha de uma direção (ou ângulo) durante o processo de apresentação, quando o observador é estimulado por uma imagem simétrica, sendo esta a própria imagem resposta. Este fato será melhor explicado na Seção 6.1.2.

3.5.2 O Processo de Apresentação

O processo de apresentação do experimento é descrito por três itens que compõem uma *etapa de apresentação*, os quais são:

1) apresentação, para o observador, da imagem estímulo central;

2) apresentação de uma imagem estímulo;

3) apresentação da imagem resposta.

Essas operações são efetuadas para todas as imagens que compõem uma determinada Lista de Apresentação, onde a imagem estímulo de cada etapa é aquela especificada pela seqüência da lista.

Entretanto, ao término de cada etapa de apresentação, é fornecida ao observador a opção de passar para a etapa de apresentação seguinte, efetuar uma pausa no experimento ou mesmo interromper tal experimento.

3.6 Método de Obtenção dos Dados

Durante cada etapa de apresentação, quando a imagem resposta é apresentada ao observador, este deve indicar sobre esta imagem, qual foi a região da imagem estímulo escolhida por ele, ou seja, qual região da imagem estímulo (apresentada anteriormente a imagem resposta) que o fez deslocar seu ponto de fixação visual sobre ela.

A resposta do observador é coletada através de um "click" do botão do mouse com o cursor do mesmo sobre a região da circunferência da imagem resposta que corresponde, em direção, à região escolhida da imagem estímulo.

Se mapearmos as imagens estímulo e resposta através de ângulos, ou seja, colocarmos estas imagens "virtualmente" sobre uma escala angular, cujas divisões são dadas pelo valor da característica *Número de Divisões*, descrito anteriormente, teremos um modo de relacionar a direção dada pelo observador com a região escolhida por ele devido ao processo de percepção da imagem estímulo.

Isto pode ser melhor compreendido através de um exemplo onde consideramos as imagens da imagem resposta e estímulo como sendo as das Figuras 3.3 e 3.4 respectivamente, na qual o número de divisões é igual a 72.

Analisando a imagem resposta podemos notar que se o observador escolher qualquer ponto dentro de uma região angular, este será computado com o valor do ângulo central correspondente desta região.

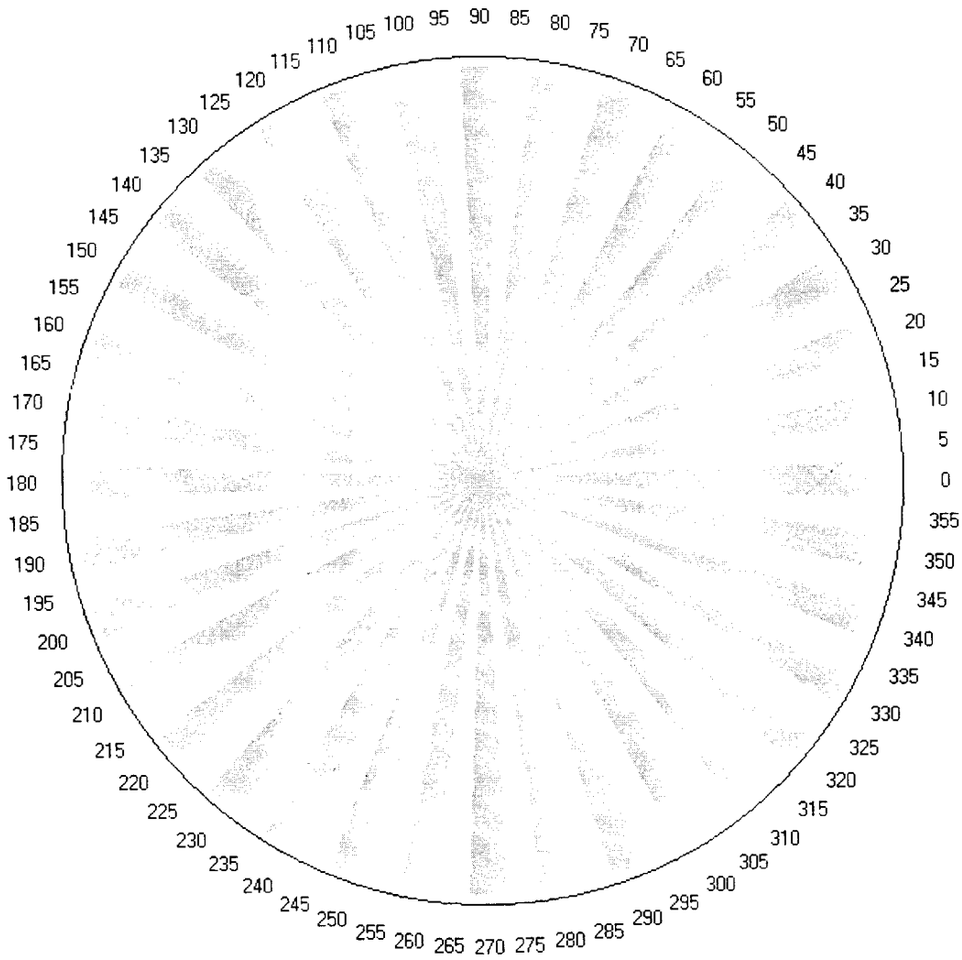


Figura 3.3: Imagem resposta mapeada por uma grade ortogonal de divisões de 5 graus cada.

Por exemplo, se o ângulo escolhido estiver dentro da faixa angular delimitada pelos ângulos –2,5° e +2,5° (resultantes de uma divisão dos 360° em 72 partes, a qual gera faixas de 5° de largura), o ângulo computado como a resposta do observador será o ângulo central de 0°.

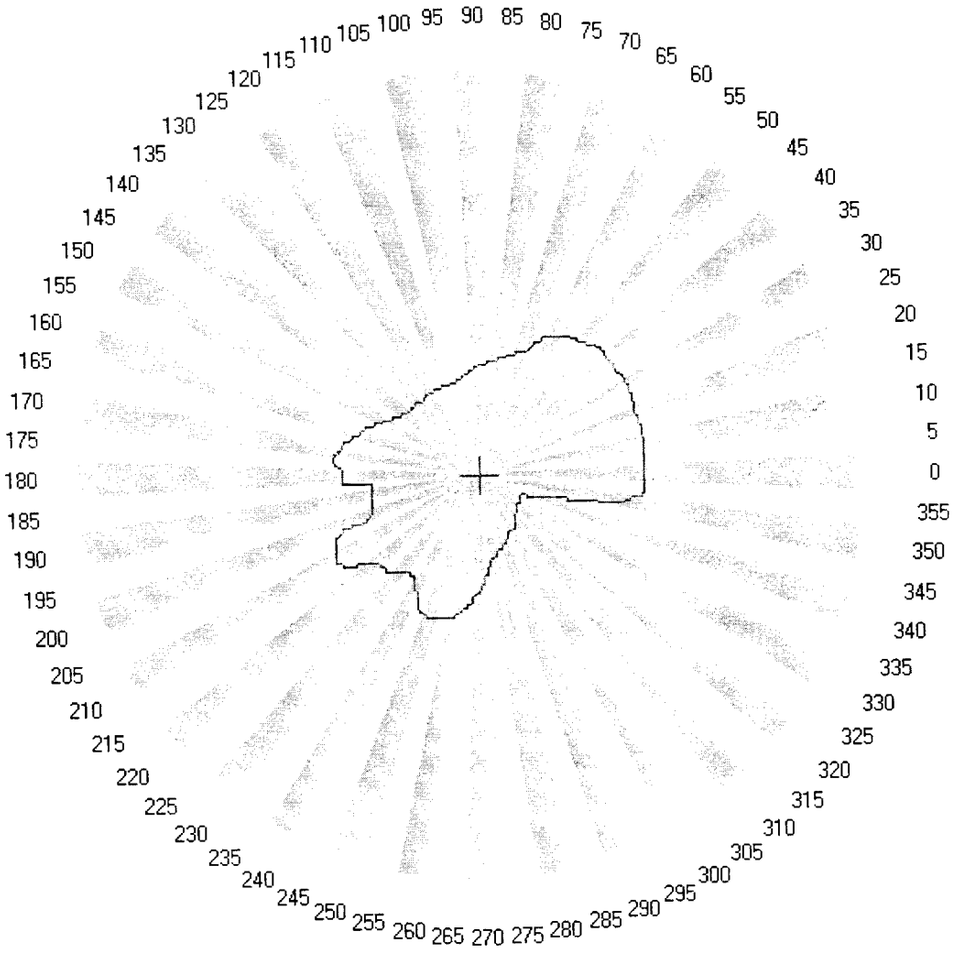


Figura 3.4: Imagem estímulo mapeada por uma grade ortogonal de divisões de 5 graus cada.

Portanto, com o conhecimento do valor do ângulo central, e através da imagem estímulo mapeada, podemos obter a respectiva região da imagem estímulo que está relacionada com o ponto de fixação visual do observador, o qual é gerado pelo processo de percepção, pelo sistema visual, da imagem estímulo.

IFSC-USP SERVIÇO DE BIBLIOTECA INFORMAÇÃO

3.6.1 Os Resultados das Etapas de Apresentação

Todos os resultados das várias etapas de apresentação que fazem parte da Lista de Apresentação são agrupados, compondo assim uma lista de freqüências dos ângulos centrais indicados pelo observador para cada imagem estímulo da Lista de Apresentação.

O agrupamento de uma imagem estímulo é feito computando-se cada ângulo central escolhido pelo observador em uma determinada etapa de apresentação, gerando assim a lista de freqüência dos ângulos centrais escolhidos desta imagem estímulo durante todo o processo de apresentação. Isto é realizado para todas as imagens estímulos que compõem a Lista de Apresentação e também com relação somente aos ângulos centrais, gerando uma freqüência total dos ângulos centrais escolhidos entre todas as imagens estímulos do processo de apresentação.

Na prática o resultado do experimento psicofísico pode ser influenciado pelas instruções passadas aos observadores para a realização do experiemento. Portanto, as instruções devem ser as mais simples e diretas possíveis, para que não seja criada uma expectativa do resultado por parte do observador, que poderá influenciar no processo de percepção das saliências das formas bidimensionais.

As instruções passadas aos observadores podem ser basicamente resumidas como:

1) manter a cabeça posicionada sobre o suporte ("queixeira") até a conclusão do experimento;

2) quando a imagem estímulo inicial for apresentada na tela do monitor, manter o ponto de fixação visual sobre a mesma;

3) após a imagem estímulo central ser apagada e for apresentada sobre tela do monitor uma imagem estímulo, observar esta imagem e memorizar a direção onde esta posicionada a região da mesma que foi percebida mais fácil e rapidamente;

4) logo que a imagem estímulo for apagada e se apresentar a imagem resposta, indicar sobre o círculo a direção correspondente à posição da região memorizada, através de um "click" do botão do mouse com o cursor do mesmo sobre a região da circunferência da imagem resposta que corresponde, em direção, à região memorizada da imagem estímulo.

5) quando nenhuma imagem estímulo for apresentada, ou seja, quando for apresentada a imagem estímulo inicial e após esta ser apagada for apresentada a imagem resposta, fornecer a direção da região do círculo que foi percebida mais fácil e rapidamente, através de um "click" do botão do mouse com o cursor do mesmo sobre esta região.

3.7 Esquema Representativo do Experimento Psicofísico

Nesta seção mostramos um esquema representativo do experimento psicofísico que engloba todo o método de apresentação e o método de obtenção dos dados do experimento. Este esquema só será válido se realizarmos as condições iniciais do experimento, como descrito na Seção 3.3.

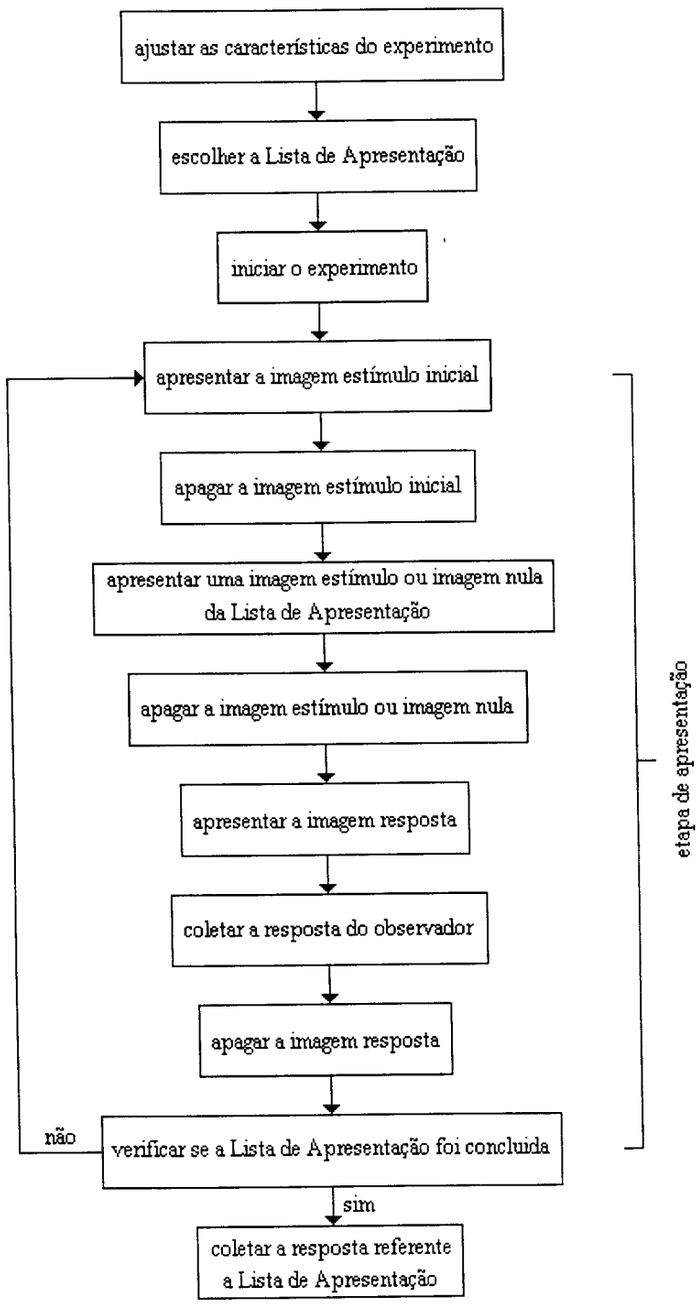


Figura 3.5: Esquema representativo do experimento psicofísico.

4. Método de Modelagem da Percepção de Saliências através de um Campo Vetorial

Este capítulo descreve o método utilizado para obtenção de um modelo da percepção de saliências relacionada com o sistema visual humano.

4.1 Introdução

O método aqui apresentado será utilizado para obtermos a modelagem do comportamento da percepção de saliências do sistema visual. Ele consiste basicamente de três etapas:

1) desenvolvimento de um modelo que representa as características físicas e psicológicas que se relacionam com o processo de percepção;

2) simulação do experimento psicofísico do Capítulo 3 através deste modelo;

3) comparação dos resultados obtidos no experimento psicofísico real com os resultados obtidos através da simulação.

As duas primeiras etapas serão descritas neste capítulo, nas seções seguintes, porém a terceira será descrita somente na Seção 6.2.1.

4.2 O Modelo

O modelo desenvolvido apresenta-se relacionado com um campo vetorial, pois tal campo pode ser decomposto em componentes *dx* e *dy* como o campo receptivo da retina e do córtex do seres humanos (Consularo & da F. Costa, 1998).

Além disso, o deslocamento do ponto de fixação visual simulado realizado através de caminhos determinados pelas linhas de forças do campo vetorial (ver Figura 4.1), representam o processo de atenção focal envolvido no processo de percepção, o qual seleciona uma localização espacial e integra as características registradas nesta localização, como podemos notar através dos conceitos apresentados no Capítulo 2.

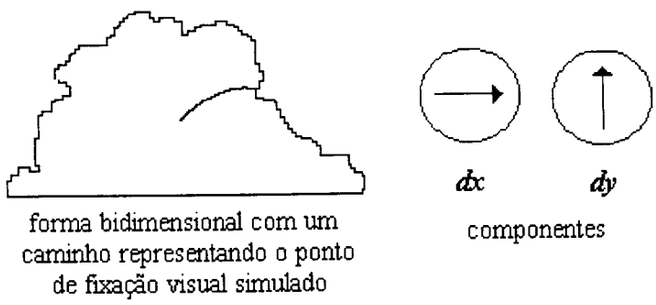


Figura 4.1: Exemplo de aplicação do modelo por campo vetorial

Portanto, este modelo fundamenta-se numa abordagem numérica representada basicamente através de uma função gaussiana e através de um campo vetorial, como veremos nas seções seguintes.

4.2.1 A Função Gaussiana

A fim de representar algumas das características físicas e psicológicas do processo de percepção (como por exemplo o processo de pré-atenção) do sistema visual humano no modelo desenvolvido, foi utilizada a função gaussiana (em versão circularmente simétrica), dada por:

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}; \qquad (1)$$

sendo x e y as respectivas coordenadas cartesianas dos eixos X e Y e σ o desvio padrão da gaussiana.

Essa função gaussiana atua sob a forma de um filtro para os estímulos visuais, na forma de um dos canais de freqüências espaciais que compõem o sistema visual humano.

Atualmente, existem modelos do sistema visual que supõem que o mesmo seja formado por vários canais de freqüências espaciais que filtram determinadas características dos estímulos visuais (freqüências), realizando deste modo um processamento paralelo do estímulo, gerando,deste modo, um processo de pré-atenção (De Valois & De Valois, 1990; Spillmann & Werner, 1990).

Tal função gaussiana encontra-se representada graficamente na Figura 4.2, num sistema de coordenadas cartesianas com os eixos X, Y e Z, onde a origem das coordenadas encontra-se no centro da Figura 4.2 e o desvio padrão (σ) neste caso é igual a 4, sendo representada em uma janela de 51 x 51 pontos.

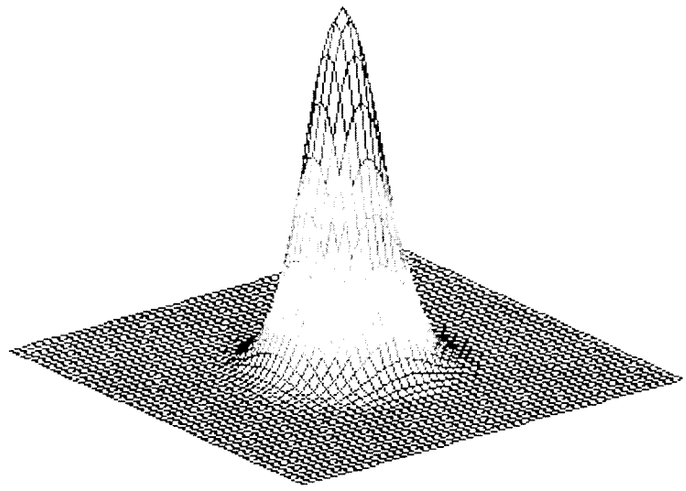


Figura 4.2: Função Gaussiana com $\sigma = 4$ em um sistema de coordenadas cartesianas.

Assim, como os estímulos utilizados no experimento psicofísico são as imagens estímulos (ver Apêndice VI), estas devem ser filtradas pela função gaussiana anterior. Isto é realizado através de um processo de convolução entre as imagem estímulos e a função gaussiana, conforme descrito no Apêndice IV.

4.2.2 Filtragem das Imagens Estímulos

Retornando ao experimento psicofísico e utilizando-se o processo de convolução descrito no Apêndice IV, realiza-se uma filtragem das imagem estímulos com o auxílio de uma função gaussiana. Deste modo, uma "matriz imagem estímulo" será a "matriz imagem" *I(x,y)* e a função gaussiana será *G(x,y)*, de acordo com a equação (2).

$$IG(x,y) = I(x,y) ** G(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} I(\alpha,\beta)\ G(x-\alpha, y-\beta)\quad d\alpha\, d\beta\,; \quad (2)$$

Este processo de convolução da imagem estímulo com uma função gaussiana atua como a passagem de uma filtro passa-baixas sobre a imagem, ou seja, de certo modo pode-se dizer que a imagem estímulo será "borrada".

Isto pode ser melhor entendido através das Figuras 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6, as quais representam respectivamente a imagem estímulo FORMA 1 normal e após a convolução com uma função gaussiana com $\sigma = 1$, com $\sigma = 2$ e com $\sigma = 4$, porém ambas com níveis de cinza invertidos para fins de visualização.

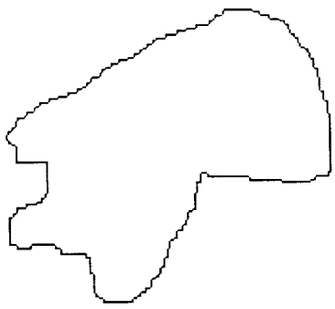


Figura 4.3: Imagem estímulo FORMA 1 original (antes da convolução).

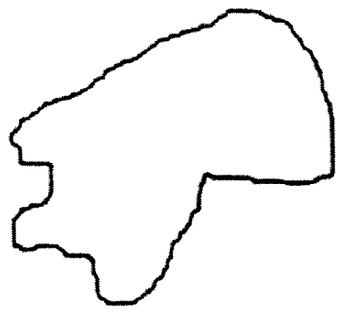


Figura 4.4: Imagem estímulo FORMA 1 após a convolução com uma função gaussiana com $\sigma = 1$.

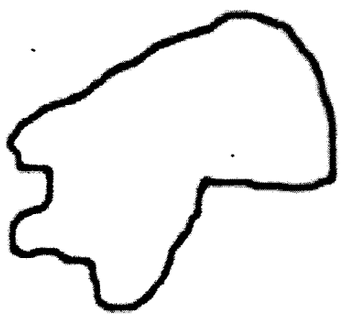


Figura 4.5: Imagem estímulo FORMA 1 após a convolução com uma função gaussiana com $\sigma = 2$.

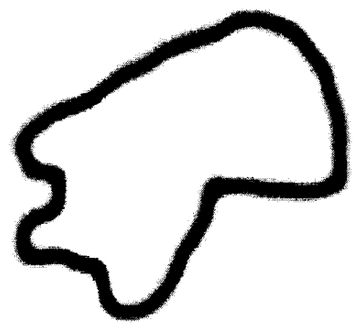


Figura 4.6: Imagem estímulo FORMA 1 após a convolução com uma função gaussiana com $\sigma = 4$.

Podemos notar através das Figuras 4.4, 4.5 e 4.6 que um aumento no valor do desvio padrão acarreta um maior "borramento" da imagem estímulo resultante. Este fato é utilizado como um fator de estudo durante o processo de modelagem, ou seja, o valor de σ é uma das variáveis do modelo aqui descrito.

Os valores do desvio padrão utilizados neste processo de modelagem foram somente três, respectivamente 1, 2 e 4. Todas as imagens estímulos foram filtradas com três funções gaussianas diferentes com relação ao valor de σ.

A imagem estímulo resultante do processo de convolução entre uma imagem estímulo e uma função gaussiana será aqui denominada de *imagem carga*, a fim de não ocorrer nenhuma confusão com a imagem estímulo original quando tratarmos dos campos vetoriais, descritos a seguir.

4.2.3 O Campo Vetorial

A fim de representarmos o processo de escolha de uma região da imagem estímulo pelo observador, utilizamos um campo vetorial resultante de uma imagem carga.

Após a aplicação da convolução de uma imagem estímulo original com uma função gaussiana, obtendo-se assim uma imagem carga, utilizamos os valores dos níveis de cinza dos pixels da "matriz imagem carga" como os valores das "cargas" para o cálculo do campo vetorial em um determinado ponto da imagem carga.

Isto é análogo ao cálculo do campo elétrico resultante em um ponto do espaço, originário de um conjunto de cargas elétricas dispostas em determinadas regiões deste mesmo espaço.

Esta operação pode ser melhor compreendida através da Figura 4.7, onde temos a representação vetorial do campo resultante (C_r em módulo) de "n" cargas, e a representação vetorial do campo individual de cada carga (C_i em módulo) em um ponto (p) do espaço cartesiano bidimensional.

Na Figura 4.7 os vetores que representam as distâncias das cargas ao ponto p , ou seja, os r_i (em módulo) estão deslocados de suas posições originais, sendo estas as linhas que unem cada carga ao ponto p. Pode-se notar também que os vetores que representam os campos individuais apresentam um sentido que resulta da ação de uma carga atrativa, por analogia ao campo elétrico, uma carga negativa.

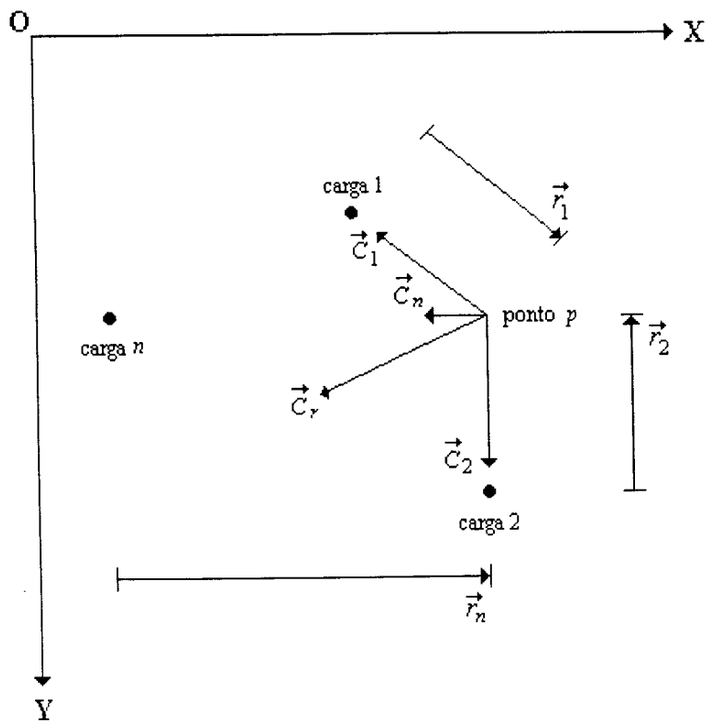


Figura 4.7: Representação vetorial do campo resultante e dos campos individuais.

Deste modo, o campo vetorial resultante é a soma vetorial de todos os campos vetoriais individuais (princípio da superposição), conforme equação (3):

$$\vec{C}_r = \sum_{i=1}^{n} \vec{C}_i \; ; \tag{3}$$

sendo o valor do campo vetorial individual dado por:

$$\vec{C}_i = -\frac{K q_i}{r_i^{\alpha}} \hat{r}_i \; . \tag{4}$$

Na equação (4) pode-se notar a presença de um sinal negativo, que representa o fator atrativo das cargas, pois q_i representa o valor do nível de cinza do pixel e será sempre positivo. Tem-se também a presença de uma constante K, que determina um fator de grandeza do módulo do campo individual, e a presença do versor $\hat{r}_i$, ou seja, do vetor unitário que juntamente com o sinal negativo determina a direção e o sentido do campo vetorial individual. Assim, com o sinal negativo, o vetor $\vec{C}_i$ terá sempre o sentido contrário do vetor $\hat{r}_i$.

Além desses fatores, existe também o expoente α de r_i (distância entre o ponto onde o campo individual está sendo calculado e o ponto de localização da carga), que se apresenta como uma das variáveis de estudo do processo de modelagem.

4.2.4 O Objetivo do Campo Vetorial

O objetivo do campo vetorial no processo de modelagem é representar o processo de escolha, por parte do observador, de uma região da imagem estímulo a partir de um ponto de fixação visual inicial.

Fazendo-se analogia com um campo elétrico resultante de um conjunto de cargas elétricas negativas (ver figura 4.7), observamos:

– os pixels que formam o contorno na imagem carga serão as várias cargas elétricas negativas, e o ponto de fixação visual será uma carga elétrica positiva puntiforme de prova de valor unitário;

– o deslocamento do ponto de fixação visual será determinado pela linha de força passando pelo ponto inicial de fixação, a qual é resultante de todas as cargas elétricas negativas que se situam dentro de um determinado raio R, sendo este diretamente proporcional à dimensão da imagem estímulo que originou a imagem carga;

– o processo de parada do ponto de fixação visual será idêntico ao da carga elétrica positiva de prova, ou seja, quando esta encontra um ponto de máximo local da função que representa a variação do módulo do campo elétrico com a distância r_i.

4.3 A Simulação do Modelo

O modelo anterior foi colocado em prática, ou simulado, através de um software desenvolvido no ambiente Matlab. A simulação encontra-se descrita seguir.

Primeiramente, ajustam-se os valores das variáveis de estudo do processo de modelagem, as quais são: o coeficiente alfa (α) do módulo do campo vetorial, o valor do desvio padrão da função gaussiana (σ), o fator de proporcionalidade para o cálculo do raio R (ver Seção 4.2.4) e o valor do passo de deslocamento do ponto de fixação visual simulado (ou ponto onde o campo está sendo calculado).

Em seguida, gera-se a "matriz imagem" *I(x,y)* da imagem estímulo em simulação (sendo x a linha e y a coluna do elemento da "matriz imagem") e determinam-se as coordenadas em x (*CMX*) e em y (*CMY*) do centro de massa (*CM*) do contorno da imagem estímulo, através das equações (5) e (6) seguintes:

$$CMX = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i \, q_i}{\sum_{i=1}^{n} q_i}; \tag{5}$$

$$CMY = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i \, q_i}{\sum_{i=1}^{n} q_i}; \tag{6}$$

sendo: n o número de pixels ou cargas que compõem o contorno da imagem estímulo e q_i o nível de cinza de um dado pixel do contorno (este valor será sempre 255, ou seja, branco para uma representação de 255 níveis de cinza da imagem estímulo).

Os valores inteiros de *CMX* e *CMY* são tomados como as coordenadas do ponto de fixação visual inicial para o cálculo do campo vetorial, pois assim estes

terão os mesmos valores das coordenadas do centro da imagem estímulo central do experimento psicofísico do Capítulo 3.

Determina-se o valor do fator de proporcionalidade para obtenção do raio R, onde R = *fator de proporcionalidade* × *menor das dimensões da imagem estímulo*. Neste experimento o valor utilizado para o fator de proporcionalidade foi de 0,5 e a menor das dimensões da imagem estímulo foi igual a 201 pixels, porém o valor de R foi aproximado para o valor inteiro mais próximo, ou seja, para 101 pixels.

Gera-se uma matriz contendo uma gaussiana cujos elementos são dados por $G(x,y)$, onde o centro da matriz corresponde ao centro da função gaussiana e o desvio padrão da gaussiana é dado por σ.

Efetua-se o processo de convolução da matriz $G(x,y)$ com $I(x,y)$, gerando assim a matriz imagem carga, ou $IG(x,y)$. Esse processo de convolução é realizado através da equação (7) (Brigham, 1974), que faz uso das transformadas de Fourier das matrizes $G(x,y)$ e $I(x,y)$,ou seja, $F\{G(x,y)\}$ e $F\{I(x,y)\}$:

$$IG(x,y) = I(x,y) ** G(x,y) = F^{-1}\{F\{G(x,y)\}\ F\{I(x,y)\}\};. \qquad (7)$$

Utilizam-se a transformada e a transformada inversa de Fourier para que a convolução seja realizada mais rapidamente, pois o ambiente Matlab já possui as funções de FFT (transformada rápida de Fourier) e IFFT (transformada inversa rápida de Fourier) embutidas no seu conjunto de funções. Deve-se notar que somente a parte real dos valores dos elementos da matriz $IG(x,y)$ (a matriz $IG(x,y)$ é

complexa), resultante da equação (7), deve ser utilizada a fim de obtermos a imagem carga para o cálculo do campo vetorial.

Com a geração da matriz imagem carga, pode-se realizar o processo que efetua o deslocamento do ponto de fixação visual simulado. Isto é, deslocar esse ponto de fixação visual simulado de uma distância (ou módulo) igual a definida pela variável *passo*, descrita anteriormente, na direção e sentido do vetor que representa o campo vetorial resultante nesse ponto de fixação.

O processo acima é realizado até que o ponto de fixação visual simulado atinja um ponto de máximo local da função que representa a variação do módulo do campo vetorial com a distância r_i, tomando para o cálculo desse campo vetorial somente as cargas que estejam situadas dentro de um círculo de raio R e cujo centro é o ponto de fixação visual simulado.

O deslocamento do ponto de fixação visual simulado, na direção e sentido do campo vetorial resultante nesse ponto, é realizado através de dois vetores (um no eixo X e outro no eixo Y) resultantes de um escalonamento das componentes vetoriais que representam, respectivamente, o campo vetorial resultante sobre o ponto no eixo X e eixo Y. As equações (8) e (9) (ver Apêndice V) representam as componentes vetoriais do campo resultante das cargas q_i sobre um ponto de fixação visual simulado de coordenadas x e y:

$$\vec{C}r_x = \sum_{i=1}^{n} -\frac{K q_i (x - x_i)}{[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]^{(\alpha+1)/2}} \hat{i} \; ; \tag{8}$$

$$\vec{C}r_y = \sum_{i=1}^{n} -\frac{K q_i (x - y_i)}{[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]^{(\alpha+1)/2}} \hat{j} \; ; \tag{9}$$

sendo x_i e y_i as coordenadas das cargas q_i ou pixels do contorno que compõem a imagem estímulo.

O escalonamento citado anteriormente é realizado através das equações (10) e (11), que formam um sistema de equações, sendo a equação (12) uma das resposta deste sistema e outra é obtida pela equação (10) a partir da (11):

$$D_x^{\,2} + D_y^{\,2} = passo^2 \ ; \tag{10}$$

$$D_x = \frac{Cr_x}{Cr_y} D_y \ ; \tag{11}$$

$$D_y = \frac{passo}{\left[\left(\frac{Cr_x}{Cr_y}\right)^2 + 1\right]^{1/2}} \ ; \tag{12}$$

sendo D_x e D_y os módulos dos vetores que representam respectivamente os deslocamentos sobre o eixo X e eixo Y do ponto de fixação visual simulado.

Deve-se notar que as equações (11) e (12) são somente válidas quando $Cr_y \neq 0$, e também que a direção e sentido dos vetores $\vec{D}_x$ e $\vec{D}_y$ devem ser os mesmos dados pelos vetores $\vec{Cr}_x$ e $\vec{Cr}_y$.

Assim, seguindo-se esse processo de simulação, obtém-se uma trajetória percorrida (linha de força) pelo ponto de fixação visual simulado que leva a

uma determinada região da imagem estímulo, a qual deve ser comparada com a região de preferência escolhida pelos vários observadores durante a realização do experimento psicofísico descrito no Capítulo 3.

Os resultados desta comparação serão apresentados no Capítulo 6, mais precisamente na Seção 6.2.1.

5. Método de Modelagem da Percepção de Saliências através da Entropia da Curvatura

Este capítulo descreve um método de modelagem da percepção de saliências, que utiliza-se do cálculo da entropia da curvatura das formas utilizadas como imagens estímulos.

5.1 Introdução

Primeiramente, antes de descrevermos o método, apresentamos os conceitos de curvatura de uma curva e entropia da curvatura.

5.2 A Curvatura de uma Curva

Matematicamente, podemos definir (Baranenkov et al, 1967) a curvatura (K) de uma determinada curva, em um ponto M, como o limite da razão dos ângulos formados pelas direções positivas das tangentes da curva nos pontos M e N, ao longo do arco $\overset{\frown}{MN} = \Delta s$, quando N $\rightarrow$ M (ver Figura 5.1), ou seja:

$$K = \lim_{\Delta s \to 0} \frac{\Delta \alpha}{\Delta s} = \frac{d\alpha}{ds} \quad , \tag{13}$$

sendo α o ângulo entre a direção positiva da tangente no ponto M e o eixo OX.

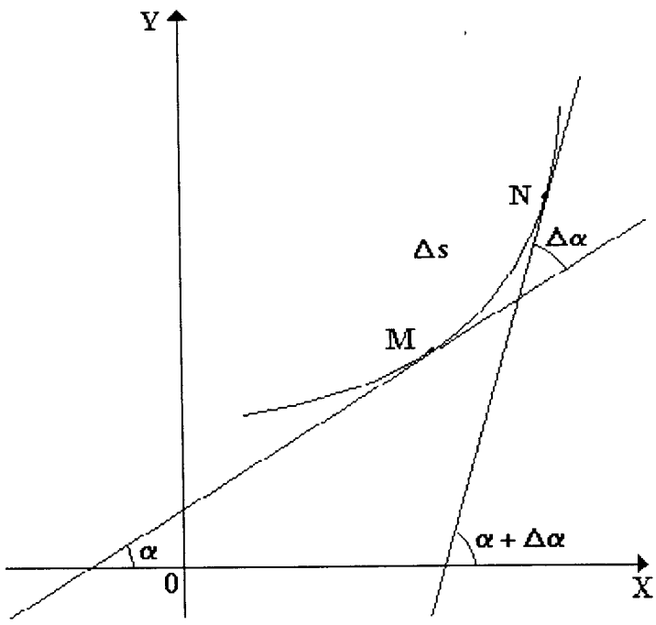


Figura 5.1: Representação geométrica de uma curva com os respectivos ângulos que fornecem a curvatura da mesma.

As equações para o cálculo da curvatura em coordenadas cartesianas são as seguintes:

– se a curva é dada por uma equação explícita $y = f(x)$, a equação será:

$$K = \frac{\ddot{y}}{(1+\dot{y}^2)^{3/2}} \; ; \tag{14}$$

– se a curva é dada por uma equação implícita $F(x,y) = 0$, temos a seguinte equação:

$$K = \frac{\begin{vmatrix} \ddot{F}_{xx} & \ddot{F}_{xy} & \dot{F}_x \\ \ddot{F}_{yx} & \ddot{F}_{yy} & \dot{F}_y \\ \dot{F}_x & \dot{F}_y & 0 \end{vmatrix}}{(\dot{F}_x^2 + \dot{F}_y^2)^{3/2}} ; \qquad (15)$$

– se a curva é dada em forma paramétrica pelas equações $x = \varphi$ (t) e $y = \psi\ (t)$, então:

$$K = \frac{\begin{vmatrix} \dot{x} & \dot{y} \\ \ddot{x} & \ddot{y} \end{vmatrix}}{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{3/2}} \quad \text{, sendo:} \qquad (16)$$

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt}, \qquad \dot{y} = \frac{dy}{dt}, \qquad \ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}, \qquad \ddot{y} = \frac{d^2y}{dt^2}.$$

– em coordenadas polares, quando a curva é dada pela equação $r = f(\varphi)$, temos:

$$K = \frac{r^2 + 2\dot{r}^2 - r\ddot{r}}{(r^2 + \dot{r}^2)^{3/2}} \quad \text{, sendo:} \qquad (17)$$

$$\dot{r} = \frac{dr}{d\varphi} \qquad e \qquad \ddot{r} = \frac{d^2r}{d\varphi^2} .$$

A quantidade inversa ao valor absoluto da curvatura recebe o nome de raio de curvatura (R), isto é:

$$R = \frac{1}{|K|} \,. \tag{18}$$

Portanto, as circunferências são curvas com curvaturas constantes não nulas ($K = \frac{1}{a}$, onde a é o raio da circunferência); já as retas apresentam curvaturas nulas ($K = 0$).

Para uma discussão mais completa sobre estudo de curvaturas de curvas podemos consultar Cesar Junior (1997) e Cesar Junior & da F. Costa (1995).

5.2.1 Histograma das Curvaturas

Considerando-se que uma curva pode ser descrita através da forma paramétrica pelas equações $x = \varphi(t)$ e $y = \psi(t)$, sendo t a variável de parametrização, podemos determinar a curvatura da curva em cada valor da variável t, através da equação (16). No caso das curvas (ou formas) que compõem as imagens estímulos, podemos tomar t como sendo os pixels que geram o contorno das formas. Por exemplo, se o contorno da forma que compõe uma imagem estímulo possui a extensão de 600 pixels, teremos o valor de t variando de 0 a 599.

Portanto, podemos compor um gráfico onde temos K em função de t, ou seja, $K(t)$. Como exemplo deste fato temos a Figura 5.2, que apresenta o gráfico de $K(t)$ da imagem estímulo FORMA 1.

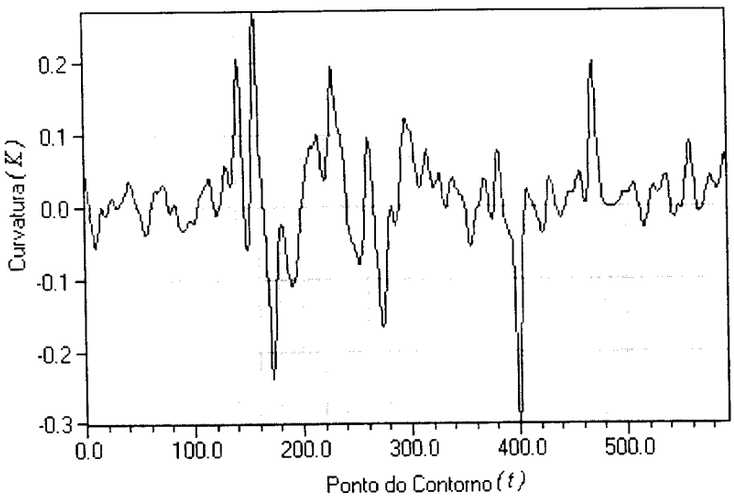


Figura 5.2: Gráfico de $K(t)$ da imagem estímulo FORMA 1.

Com base neste gráfico de $K(t)$ e se considerarmos que os valores absolutos das curvaturas de uma curva podem ser relacionados como uma distribuição de probabilidades de ocorrência das curvaturas, podemos compor um histograma de ocorrência dos valores da curvatura da curva, ou seja, um histograma das curvaturas. Na Figura 5.3 temos o histograma das curvaturas da imagem estímulo FORMA 1.

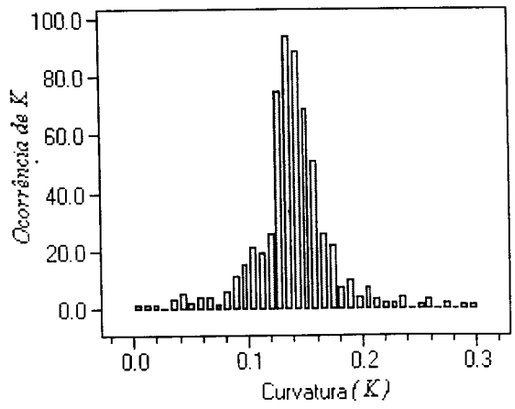


Figura 5.3: Histograma das curvaturas da imagem estímulo FORMA 1.

5.3 A Entropia da Curvatura

O termo entropia pode ser definido genericamente como a incerteza probabilística associada a um evento. Logo, o termo entropia da curvatura pode ser caracterizado como a incerteza probabilística associada à ocorrência dos valores das curvaturas de uma determinada curva.

Portanto, se utilizarmos de uma equação de entropia, como a da equação (19), para a distribuição de probabilidade da ocorrência dos valores da curvatura de uma curva, ou seja, o histograma das curvaturas, podemos assim obter a entropia total das curvaturas da curva em questão:

$$S_T = -\sum_{f=1}^{nT} p_f \ln p_f \ ; \tag{19}$$

sendo: $f \in \mathbb{N}^*$ o índice da faixa do histograma, p_f a probabilidade de ocorrência de um valor de curvatura e nT o número total de faixas de valores de curvaturas do histograma.

5.4 O Modelo

O modelo desenvolvido apresenta-se relacionado com a entropia da curvatura, pois a entropia, em termos de quantidade de informações, relaciona-se com as saliências contidas nas formas bidimensionais.

As informações extraidas de uma forma bidimensional, neste caso, são os valores das curvaturas de regiões do contorno que compõe tal forma bidimensional.

Um exemplo da aplicação do modelo por entropia da curvatura pode ser observado na Figura 5.4, onde as regiões A, B e C do contorno da forma bidimensional apresentam entropia nula, pois as curvaturas relacionadas com estas regiões são constantes. Entretanto, a região D , a qual é uma região de uma saliência da forma bidimensional, possui um valor de entropia diferente de zero, pois nesta região os valores das curvaturas não são constantes

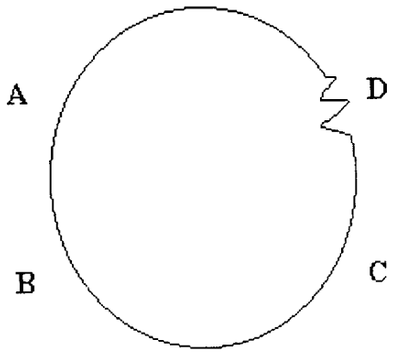


Figura 5.4: Exemplo de aplicação do modelo por entropia da curvatura.

Portanto, o modelo da percepção de saliências descrito nesta seção apresenta-se relacionado com o cálculo da entropia da curvatura de regiões do contorno (ou formas) que compõem as imagens estímulos.

Por exemplo, se tomarmos o gráfico de $K(t)$ de uma imagem estímulo, onde o perímetro do contorno é igual a Pe e selecionarmos regiões do contorno compostas de comprimentos W de pixels, ou seja, quebrarmos o contorno em vários

trechos centrados em um pixel t_i , cuja extensão em pixels é igual a um valor W, o qual é determinado pela equação (20), podemos então calcular a entropia da curvatura de cada trecho, sendo esta estabelecida como a entropia do pixel t_i.

$$W = inteiro\ de\ (T_x \times P_e) \quad ; \tag{20}$$

sendo $T_x = [0,1]$ a variável que determina o comprimento da janela (W) em relação ao perímetro (P_e).

Com a quebra do contorno em janelas de largura W centradas sobre um pixel t_i , o processo para o cálculo da entropia da curvatura do pixel t_i passa a ser muito parecido ao processo utilizado para o cálculo da entropia total das curvaturas do contorno. Pois, para o cálculo da entropia da curvatura relacionada com o pixel t_i do contorno, devemos gerar um histograma dos valores das curvaturas presentes na janela de largura W centrada sobre o pixel t_i , o qual é denominado Ht_i.

Entretanto, antes de compormos o histograma Ht_i dos valores das curvaturas presentes na janela de largura W, devemos efetuar uma multiplicação, ponto a ponto, entre os valores das curvaturas da janela com os valores de uma função gaussiana, a qual é gerada pela equação (21):

$$Gt_j = e^{-\frac{(Dt_i t_j)^2}{2\,\sigma t_i^{\,2}}} \quad ; \tag{21}$$

onde: $Dt_i t_j$ é a distância, em pixels do contorno, entre o pixel t_j e o pixel t_i e σt_i é o desvio padrão da função gaussiana relacionado com o pixel t_i , sendo este dado pela equação (22):

$$\sigma t_i = \frac{FT}{Kt_i} = FT \; Rt_i \quad ; \tag{22}$$

sendo: FT uma constante, Kt_i o valor da curvatura relacionada com o pixel t_i e Rt_i o raio da curvatura relacionado também com o pixel t_i .

Logo, a função gaussiana atua como se estivessemos colocando pesos aos valores das curvaturas que estão presentes na janela de largura W, sendo o peso 1 dado ao valor da curvatura correspondente ao pixel t_i , e para um outro valor de curvatura da janela, correspondente a um pixel t_j , o valor do peso será dado pelo valor de Gt_j .

Portanto, o histograma Ht_i será gerado com os novos valores das curvaturas da janela de largura W, sendo que este possui sempre um número constante de faixas de curvaturas, o que é dado pela variável NF, a qual será a mesma para todos os histogramas Ht_i de um contorno. Assim podemos dizer que o histograma Ht_i depende das variáveis W e NF ou Ht_i (W,NF).

Deste modo, a largura de cada faixa (LF) de todos os histogramas Ht_i de um contorno, em valores de curvaturas, pode ser obtida através da equação (23):

$$LF = \frac{máx\{K(t)\} - mín\{K(t)\}}{NF} \quad ; \tag{23}$$

onde: $máx\{K(t)\}$ corresponde ao valor máximo da curvatura do gráfico de $K(t)$ do contorno e $mín\{K(t)\}$ corresponde ao valor mínimo da curvatura do gráfico de $K(t)$.

Com a utilização do histograma Ht_i podemos calcular a entropia da curvatura do pixels t_i através da equação (24):

$$S_{t_i} = - \sum_{f=1}^{NF} p_f \ln p_f \quad ; \tag{24}$$

sendo: $f \in \mathbb{N}^*$ o índice da faixa do histograma Ht_i e p_f a probabilidade de ocorrência da faixa f.

Logo, calculando S_{t_i} para todos os pixels do contorno, podemos gerar um gráfico de S em função de t, ou seja, podemos determinar a entropia da curvatura ao longo de toda a extensão do contorno (ou forma) que compõe uma imagem estímulo.

O processo de determinação dos valores S_{t_i} pode ser considerado um processo cíclico, pois quando determinamos o valor de S_{t_i} do primeiro pixel do contorno utilizamos valores de $K(t)$ dos últimos pixel do contorno para compor a janela de comprimento W, e um processo análogo ocorre quando calculamos S_{t_i} do último pixels do contorno, isto é, utilizamos valores de $K(t)$ dos primeiros pixels do contorno.

O fato mencionado anteriormente pode ser observado através da Figura 5.5, onde temos um exemplo das condições utilizadas para extração dos pixels t_i de todas as imagens estímulos.

O primeiro pixel t_i usado para o cálculo de S_{t_i} foi padronizado como o primeiro pixel do contorno encontrado quando efetuamos uma varredura da esquerda para direita e de cima para baixo nos pixels que compõe uma imagem estímulo.

Na Figura 5.5 podemos também observar os eixos de coordenadas e o sistema de orientação angular utilizados para o cálculo de S_{t_i} em função de t_i e S_{t_i} em função do ângulo onde se encontra o pixel t_i .

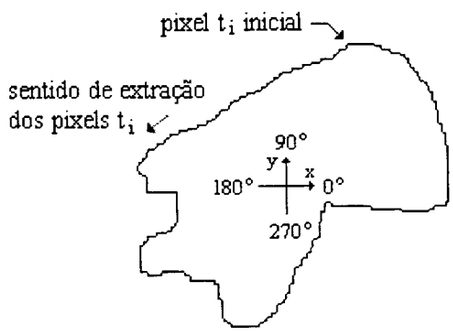


Figura 5.5: Exemplo das condições utilizadas para extração dos pixels t_i das imagens estímulos.

Seguindo as condições padronizadas para o cálculo dos valores S_{t_i}, podemos obter um gráfico de $S(t)$, isto é um gráfico com os valores S_{t_i} em função de t_i , e também um gráfico de S_{t_i} em função do ângulo onde se encontra o pixel t_i para

todas as imagens estímulos. Como exemplo desses gráficos temos a Figura 5.6 e a Figura 5.7, cujo dados estão relacionados com a imagem estímulo FORMA 1.

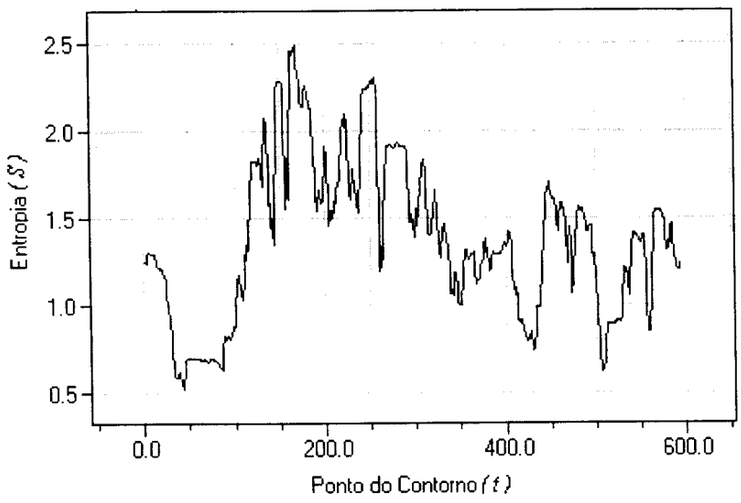


Figura 5.6: Gráfico de $S(t)$ da imagem estímulo FORMA 1, com W =0.1 *Pe*.

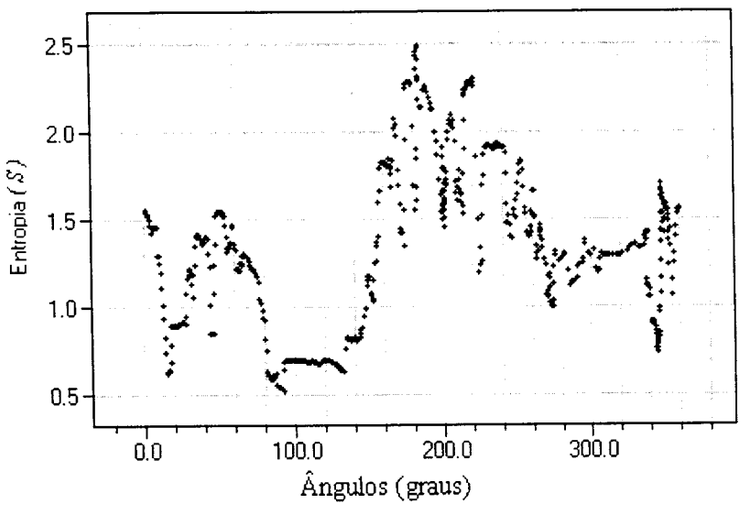


Figura 5.7: Gráfico de S_{t_i} em função do ângulo de t_i da imagem estímulo FORMA1, com W =0.1 *Pe*.

Portanto, o modelo consiste em verificar o ponto de máximo do gráfico de $S(t)$ e então relacionar a região onde $S(t)$ possui um valor máximo com os

resultados do experimento psicofísico (ver Capítulo 3), ou seja, relacionar a região onde o valor de $S(t)$ é máximo com as regiões escolhidas pelos observadores durante o experimento psicofísico.

5.4.1 Características do Modelo

Existem características do modelo que podem ser alteradas para a obtenção do gráfico de $S(t)$, tais como: o método computacional empregado para a obtenção das curvaturas das imagens estímulos, o número de faixas (NF) que compõem os histogramas das curvaturas (Ht_i), o valor da constante FT e o valor da variável W.

A mais importante das características anteriores é o valor da variável W, pois esta determina a extensão do trecho do contorno utilizado no cálculo de S_{t_i}, o que pode influenciar na precisão do gráfico de $S(t)$. Os valores aqui utilizados da variável W foram 0,2 P_e, 0,1 P_e e 0,05 P_e, ou seja, T_x igual a 0,2 , 0,1 e 0,05.

Para a outra característica que se apresenta sob a forma de uma variável, ou seja, o número de faixas (NF), o valor utilizado foi igual a 40 e para a constante FT o valor usado foi de 0,4.

Com relação ao método computacional empregado para a obtenção das curvaturas, o utilizado foi o mesmo que se apresenta implementado no software que analisa características da imagem, como curvatura, raio de curvatura e entropia da curvatura, o qual faz parte do projeto Σynergos que está sendo desenvolvido no Grupo de Pesquisas em Visão Cibernética do Instituto de Física de São Carlos (Consularo et al, 1999). O software executa todos os cálculos do modelo até a

obtenção dos gráficos de $S(t)$ das imagens estímulos, e até mesmo a determinação do ponto de máximo do gráfico de $S(t)$.

5.4.2 Os Resultados do Modelo

Os resultados obtidos com este tipo de modelo são apresentados no Apêndice VII, juntamente com os resultados obtidos do modelo descrito no Capítulo 4, na forma de histogramas polares e tabelas.

Entretanto, a comparação entre os erros obtidos com este modelo em relação ao experimento psicofísico é apresentada no Capítulo 6, na forma de histogramas lineares.

6. Resultados

Este capítulo apresenta uma comparação dos resultados obtidos pelos modelos apresentados nos Capítulos 4 e 5 com os dados obtidos através do experimento psicofísico descrito no Capítulo 3.

6.1 Os Resultados do Experimento Psicofísico

O experimento psicofísico descrito no Capítulo 3 foi realizado em duas etapas, uma com as primeiras 30 imagens estímulos do Apêndice VI e a outra etapa com as demais imagens estímulos apresentadas no apêndice, ou seja, as restantes 25 imagens estímulos.

Esta divisão do experimento em duas etapas tem a função de não tornar o experimento cansativo, e o fato mais importante é que em cada uma das etapas as imagens estímulos possuem um certo padrão em suas características principais. Por exemplo, a primeira etapa (as 30 primeiras imagens estímulos) é composta de imagens estímulos com formas mais comuns de serem encontradas diariamente e que apresentam uma maior simetria e alongamento do que as imagens estímulos da segunda etapa.

Cada uma das etapas do experimento psicofísico foi aplicada em 16 pessoas (ou *observadores* como aqui são denominados) tanto do sexo masculino como do sexo feminino, cuja faixa etária varia entre 20 e 40 anos de idade.

Os 16 observadores foram divididos em 4 conjuntos de 4 observadores. Para cada um dos 4 observadores de um conjunto, foram apresentadas apenas uma única vez as imagem estímulos que compõem uma etapa do experimento (30 imagens para uma etapa e 25 para a outra) e 5 vezes a imagem NULA (por etapa), com uma seqüência de apresentação diferente para cada observador.

Porém, para todos os observadores de um conjunto, as imagens estímulos foram apresentadas sempre em uma das quatro orientações básicas, sendo estas 0°, 90°, 180°e 270°. Por exemplo, para o primeiro conjunto apresentaram-se as imagens estímulos em uma seqüência aleatória para cada um dos 4 observadores, mas todas com orientação de 0°; para o segundo, o terceiro e quarto conjuntos, apresentaram-se as imagens estímulos em uma seqüência aleatória para cada observador, entretanto, com orientações respectivamente de 90°, 180°e 270°.

Estes dois fatos anteriores, ou seja, a seqüência aleatória e a variação na orientação das imagens estímulos, foram necessários para evitar polarizações no resultado do experimento psicofísico, pois a seqüência em que as imagens são apresentadas, bem como as suas orientações, poderiam induzir um observador a escolha de uma certa direção como resposta.

Analisando o resultado obtido de um observador, para uma etapa do experimento, teremos um número de freqüência de apresentação de cada imagem estímulo igual a 1 e um número igual a 5 para a imagem NULA. Entretanto, como o objetivo do experimento é de obter um resultado global, todos os resultados

individuais foram agrupados, gerando um único resultado para cada imagem estímulo. Logo, o número total de freqüência de apresentação de cada imagem estímulo passa a ser de 16, e para imagem NULA passa a ser de 160, se agruparmos o resultado das duas etapas do experimento.

6.1.1 Os Histogramas Polares

A fim de obter-se uma melhor análise visual desses resultados, os mesmos foram organizados na forma de histogramas para cada imagem estímulo que compõe o experimento psicofísico.

Estes histogramas são do tipo polar, os quais são gerados por um software denominado *Mapeamento de Imagens* (ver Apêndice III), que foi especialmente desenvolvido para comparação dos resultados do experimento com os resultados das simulações.

Logo, teremos 56 histogramas, sendo um histograma polar por imagem estímulo do experimento e um histograma para a imagem NULA. Todos os 56 histogramas são apresentados no Apêndice VII. Entretanto, neste capítulo apresentaremos somente o histograma da imagem estímulo FORMA 1 e o histograma da imagem NULA, explicando como interpretar tais histogramas.

Na Figura 6.1 temos o histograma polar da imagem estímulo FORMA 1, onde temos a imagem mapeada através de uma grade ortogonal com espaçamentos de 5 em 5 graus, e origem no centro de massa da imagem estímulo o qual torna-se o centro do histograma polar.

Em todos os histogramas polares a numeração mais externa que circunda a imagem estímulo representa o ângulo central de uma das células da grade ortogonal do histograma, e a numeração interna seguinte representa a freqüência de ocorrência desta célula (ou ângulo central correspondente) resultante dos processos de escolha de todos os observadores que participaram do experimento psicofísico. Portanto, se efetuarmos a soma de todas as freqüências de todas as células que compõem um histograma polar de uma imagem estímulo, o valor encontrado será igual a 16.

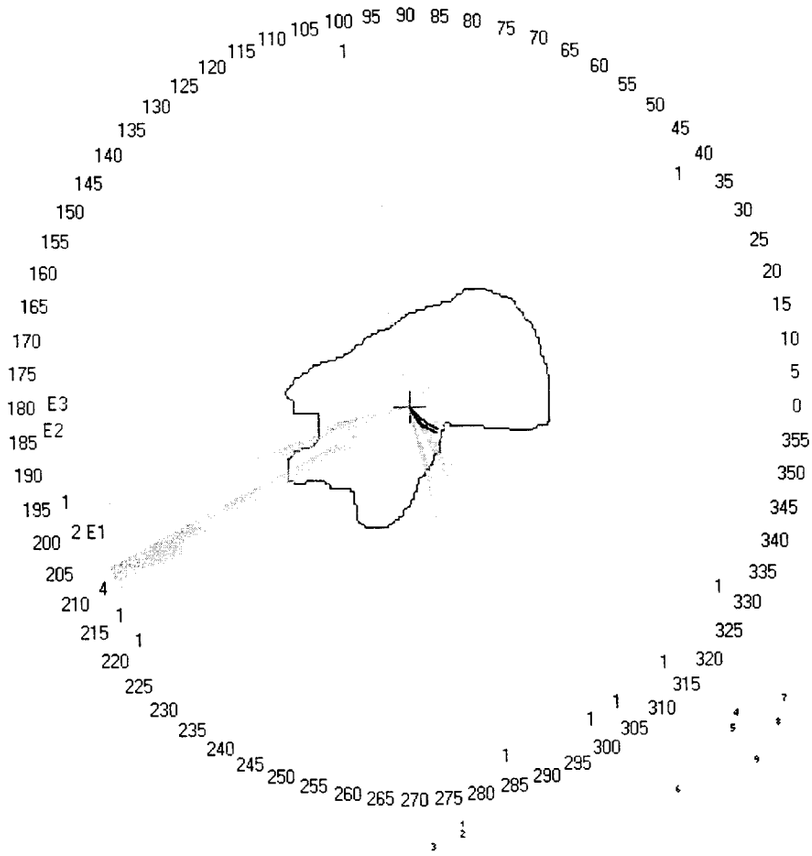


Figura 6.1: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA 1.

Deve-se notar também, no histograma da Figura 6.1, que a representação gráfica do valor da freqüência de uma dada célula do histograma é feita de maneira escalonada com as demais freqüências das outras células do histograma. Ou seja, a freqüência de maior valor do histograma irá preencher graficamente toda a área de sua célula correspondente: Por exemplo, a célula com valor de freqüência igual a um terço do valor da maior freqüência terá somente um terço da área de sua célula graficamente preenchida.

Este método de preenchimento das células é realizado somente para as células que possuem valor de freqüência diferente de zero, pois tais células com valor de freqüência nula não são preenchidas e nem o valor da freqüência é mostrado no histograma polar.

A finalidade principal do histograma polar é facilitar na escolha visual dos grupos que podem ser selecionados através da análise das freqüências de ocorrências dos ângulos centrais. Tais grupos são utilizados no processo de comparação dos resultados do experimento psicofísico com os resultados dos modelos apresentados nos Capítulos 4 e 5.

Além da determinação dos ângulos centrais que estabelecem a faixa de um determinado grupo, obtém-se também a soma das freqüências de ocorrência do grupo (número de apresentações), a média dentre os ângulos que compõem o grupo e o desvio padrão em relação a esta média.

A média e o desvio padrão são calculados como se o histograma polar fosse uma distribuição de probabilidade em relação aos ângulos (Costa Neto & Cymbalista, 1974).

Assim, tomando-se θ_i como sendo um dos ângulos do intervalo compreendido pelo grupo, f_i a freqüência de ocorrência deste ângulo e NA como o número de apresentações ou a soma das freqüências de ocorrência do grupo, temos que a média (μ) e o desvio padrão (σ_g) serão dados por:

$$\mu(\theta) = \frac{\sum_i \theta_i \, f_i}{NA}; \tag{25}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\mu(\theta^2) - \left[\mu(\theta)\right]^2}\ ; \tag{26}$$

sendo:

$$\mu(\theta^2) = \frac{\sum_i \theta_i^2 \, f_i}{NA}. \tag{27}$$

O método de marcação de um grupo é explicado em maiores detalhes no Apêndice III, o qual explica a utilização do software *Mapeamento de Imagens*.

Na Tabela 6.1 temos os grupos selecionados a partir do histograma da imagem estímulo FORMA 1 apresentado anteriormente. No Apêndice VII são encontrados todos os grupos de todas as imagens estímulos.

Tabela 6.1: Grupos selecionados da imagem estímulo FORMA 1.

Grupos	**Geral**	**1**	**2**
Faixa (graus)	0 - 360	195 - 220	285 - 330
N.A.	16	9	5
μ (graus)	221. 56	207. 78	307
σ_g (graus)	73. 99	7. 49	15. 03

Podemos notar da Tabela 6.1 a formação de um grupo geral que compreende todos os ângulos de 0 a 360 graus com um distanciamento de 5 graus entre cada ângulo, tal formação de um grupo geral é um processo comum para todas as imagens estímulos.

O primeiro grupo selecionado nesta tabela representa o grupo com um maior número de apresentações (*NA*), ou escolha, por parte dos observadores, sendo os demais grupos (2, 3, 4,...) classificados em ordem decrescente do número de apresentações.

6.1.2 O Histograma Polar da Imagem Nula

A imagem estímulo NULA, juntamente com a imagem resposta, como foi dito na Seção 3.5.1, possui a função de analisar a preferência do observador para a prévia escolha de uma direção (ou ângulo central) durante o processo de apresentação do experimento psicofísico.

Na verdade, com a utilização da imagem NULA, a qual é idêntica à imagem estímulo central, o próprio círculo que compõe a imagem resposta passará a ser uma imagem estímulo para o observador do experimento psicofísico. Portanto, quando nos referirmos ao histograma polar da imagem estímulo NULA, estaremos nos referindo ao histograma de uma imagem estímulo do tipo da imagem resposta, ou seja, um círculo de raio igual a 250 pixels e espessura de 1 pixel.

Na Figura 6.2 e na Tabela 6.2 tem-se, respectivamente, o histograma polar e os dados dos grupos selecionados através da análise desse histograma, quando os resultados de todos os observadores, das duas etapas que compõem o experimento,

são agrupados em único resultado gerando um total de 160 apresentações da imagem estímulo NULA.

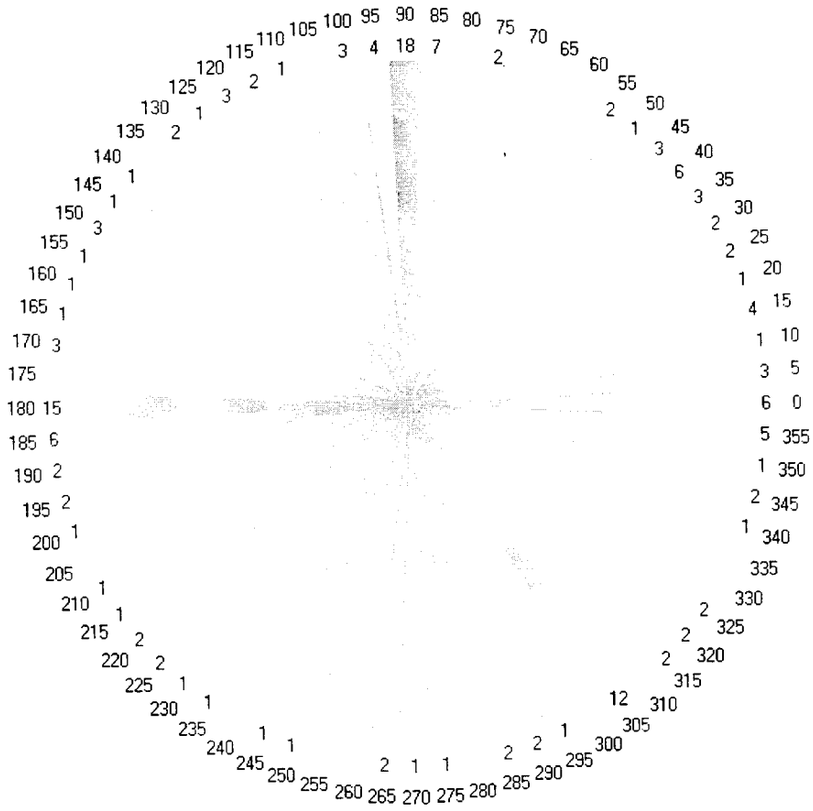


Figura 6.2: Histograma Polar da imagem estímulo NULA.

Tabela 6.2: Grupos selecionados da imagem estímulo NULA.

Grupos	Faixa (graus)	N.A.	μ (graus)	σ_g (graus)
Geral	0 - 360	160	156. 38	104. 25
1	340 - 55	43	17. 91	21. 41
2	75 - 100	34	89. 56	5. 47
3	265 - 325	27	300	16. 61
4	180 - 200	26	183. 85	5. 6
5	110 - 170	20	140. 5	20. 06
6	210 - 250	10	227. 5	12. 09

6.2. A Organização dos Resultados do Modelo do Capítulo 4

O processo de simulações do modelo da percepção de saliências, descrito no Capítulo 4, foi realizado através de um software implementado no ambiente de programação Matlab, o qual gera trajetórias resultantes do processo de simulação.

Estas trajetórias são convertidas em trajetórias visuais, ou seja, são desenhadas no histograma polar de uma imagem estímulo como um caminho que parte do centro de massa e atinge uma determinada região da imagem estímulo, ao mesmo tempo que fornece a direção final da trajetória através de um destaque em um ângulo do histograma. Este destaque é realizado externamente aos ângulos centrais através de números de 1 a 9 que representam as simulações (ver Figura 6.1). O processo de desenho das trajetórias sobre os histogramas polares é realizado também pelo software *Mapeamento de Imagens*, apresentado no Apêndice III.

A direção final é calculada como o ângulo formado pela reta que liga o ponto do centro de massa da imagem estímulo com o ponto final da trajetória, em relação ao eixo X do histograma polar (em sentido anti-horário), ou seja, a reta que passa sobre o centro de massa e o ângulo central zero.

Para fins de comparação de resultados com o experimento psicofísico, foram realizadas 9 simulações com diferentes combinações de variáveis do modelo apresentado no Capítulo 4 (ver Seção 4.3), para cada uma das 55 imagens estímulos que compõem o experimento psicofísico, resultando assim um total de 495 simulações.

Os valores das variáveis utilizadas foram: passo de deslocamento do ponto de fixação visual simulado igual a 0,1 pixel; raio R igual a 101 pixels (metade da dimensão da imagem estímulo); coeficiente alfa (α) do módulo do campo vetorial igual a 0,5, 1 e 2; desvio padrão da função gaussiana (σ) igual a 1, 2 e 4. Tais valores foram escolhidos a fim de obtermos uma amostragem do processo de simulação, porém outros valores de variáveis podem ser experimentados.

Os resultados do processo de simulação de cada imagem estímulo podem ser visualizados no histograma polar dessa imagem estímulo (ver Apêndice VII), através das trajetórias e de números de 1 a 9 (como foi citado anteriormente) de acordo com a Tabela 6.3, a qual fornece o valor do coeficiente alfa (α) e o valor do desvio padrão da função gaussiana (σ) para cada uma das 9 simulações de uma imagem estímulo. Nesta tabela são constantes o valor do passo e do raio R, os quais são, respectivamente, 0,1 e 101 pixels.

Tabela 6.3: Tabela representativa das características das simulações do modelo do Capítulo 4.

Simulações	**Alfa (α)**	**Sigma (σ)**
1	0.5	1
2	0.5	2
3	0.5	4
4	1	1
5	1	2
6	1	4
7	2	1
8	2	2
9	2	4

Todos os histogramas polares das 55 imagens estímulos representando as simulações são apresentados no Apêndice VII. A Figura 6.1 representa o histograma polar da imagem estímulo FORMA 1.

Além da visualização das simulações, tem-se os dados das mesmas organizados em tabelas, como a Tabela 6.4 seguinte, a qual apresenta os dados das 9 simulações da imagem estímulo FORMA 1.

Tabela 6.4: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA 1.

Simulações	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Direções (graus)	276. 9	276. 7	272. 7	316. 7	315. 1	304. 9	322	319. 4	314. 5
Erros (graus)	69. 12	68. 92	64. 92	108. 92	107. 32	97. 12	114. 22	111. 62	106. 72

Na Tabela 6.4 podemos notar a presença de três linhas que representam, respectivamente, as simulações, as direções finais das trajetórias, e o erro (valor absoluto da diferença em graus) entre as direções finais das trajetórias e a média do primeiro grupo selecionado do histograma polar da imagem estímulo FORMA 1. Todas as outras tabelas com os resultados das simulações das demais imagens estímulos são apresentadas no Apêndice VII.

6.2.1 Comparação dos Erros do Modelo do Capítulo 4

Nesta seção será feita uma comparação entre os erros obtidos das 9 simulações de cada imagem estímulo com o resultado do experimento psicofísico.

Para cada um dos nove tipos de simulação foi montado um histograma linear com a porcentagem de ocorrência dos erros da simulação em questão, como

podemos observar nas Figuras 6.3 até a Figura 6.11. Em tais histogramas os erros foram agrupados em faixas angulares de 10° cada.

Em todos os histogramas foram realizados os cálculos da média angular dos erros e o desvio em relação a esta média (Costa Neto & Cymbalista, 1974). Assim a melhor das simulações será aquela que apresentar um valor de média mais próxima de zero, com um menor valor de desvio padrão.

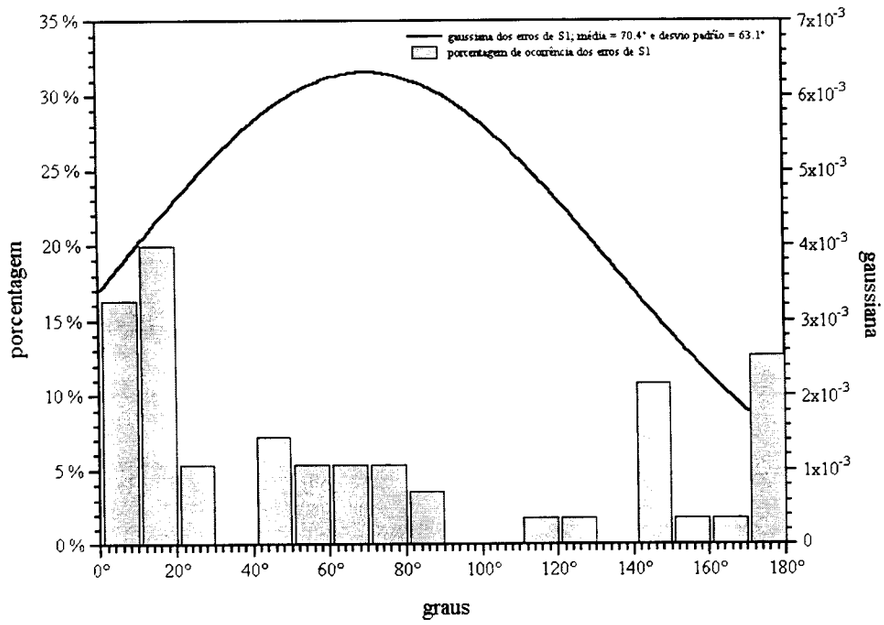


Figura 6.3: Histograma Linear dos erros da simulação 1 (S1).

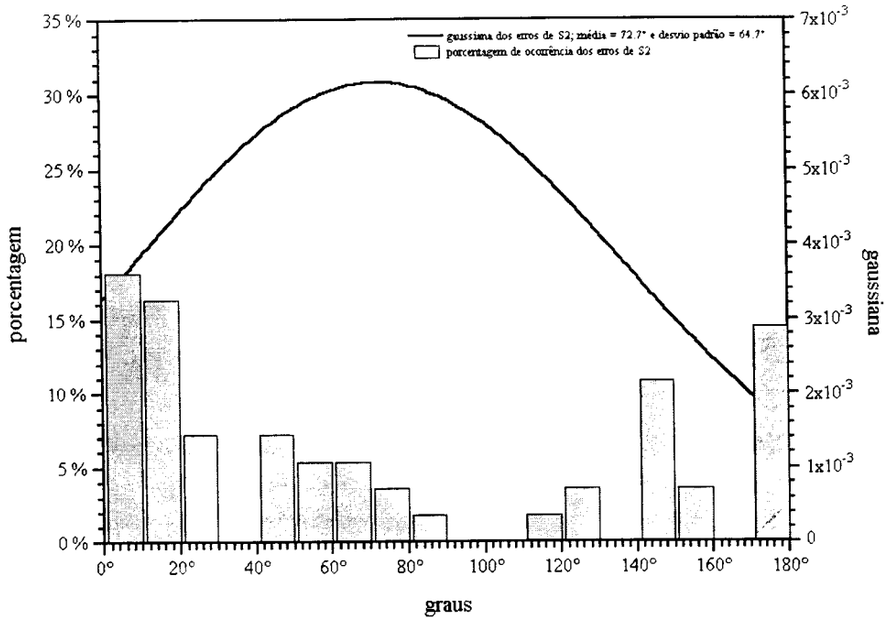


Figura 6.4: Histograma Linear dos erros da simulação 2 (S2).

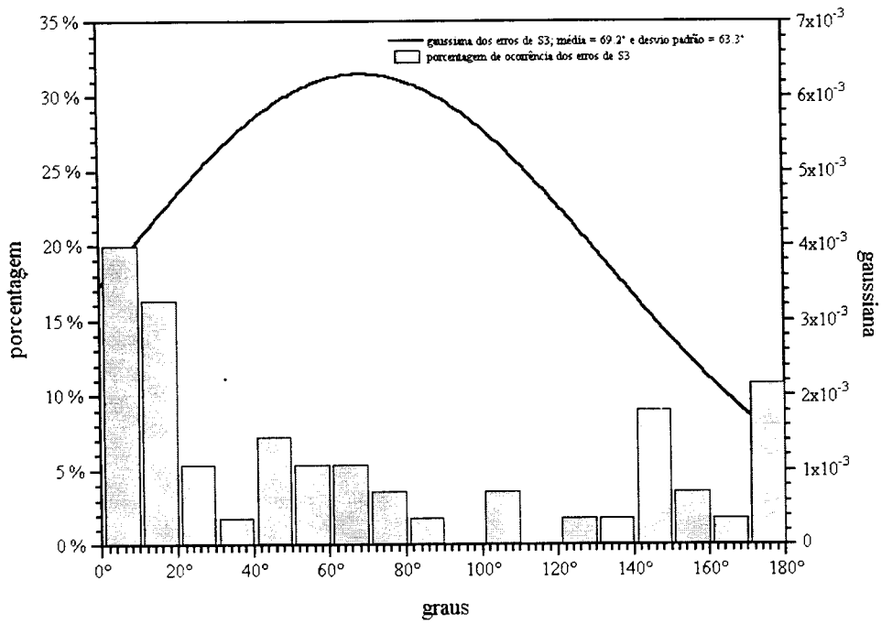


Figura 6.5: Histograma Linear dos erros da simulação 3 (S3).

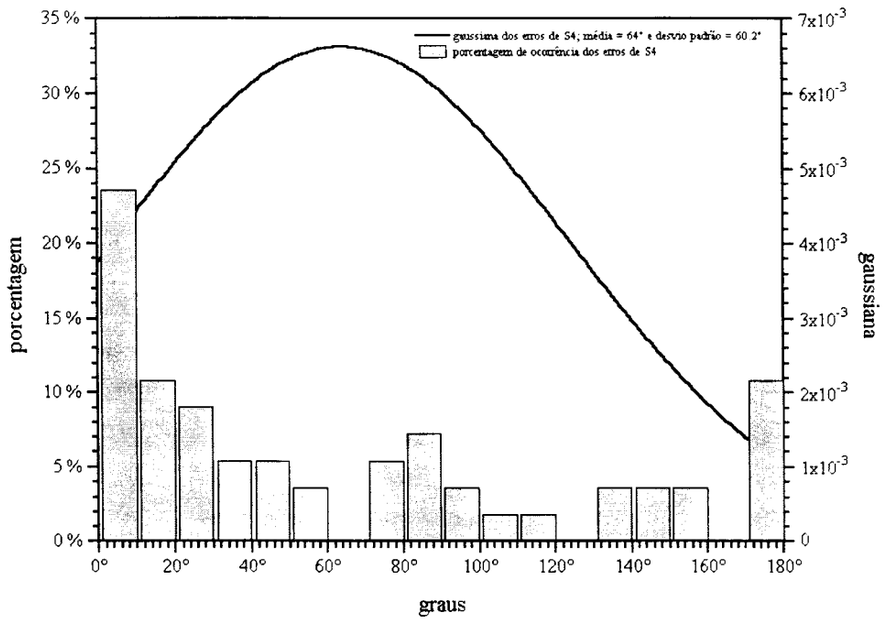


Figura 6.6: Histograma Linear dos erros da simulação 4 (S4).

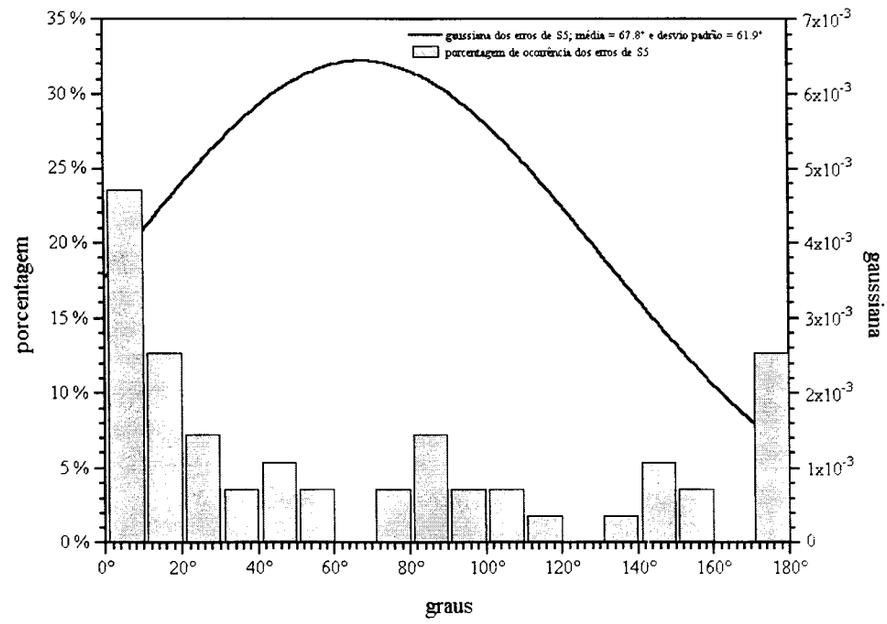


Figura 6.7: Histograma Linear dos erros da simulação 5 (S5).

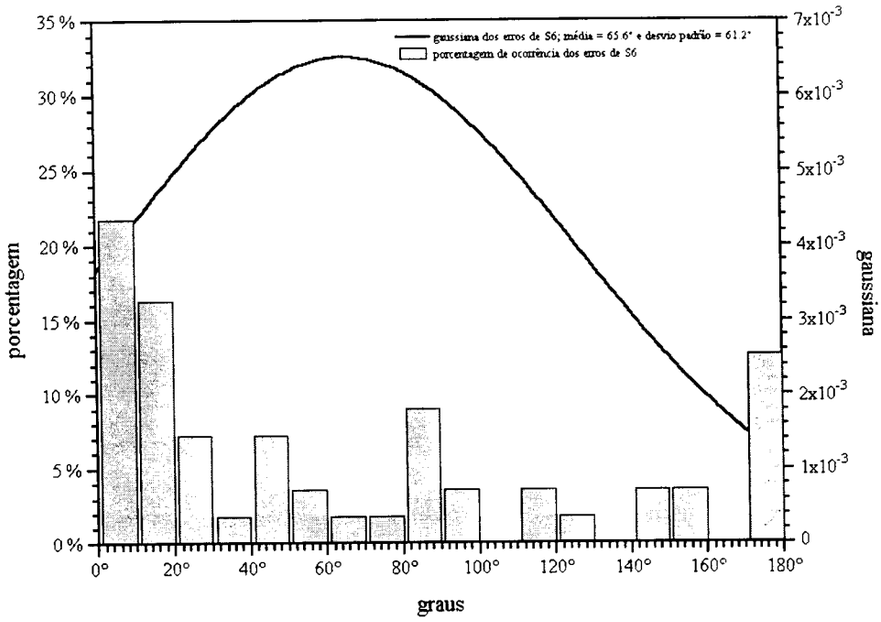


Figura 6.8: Histograma Linear dos erros da simulação 6 (S6).

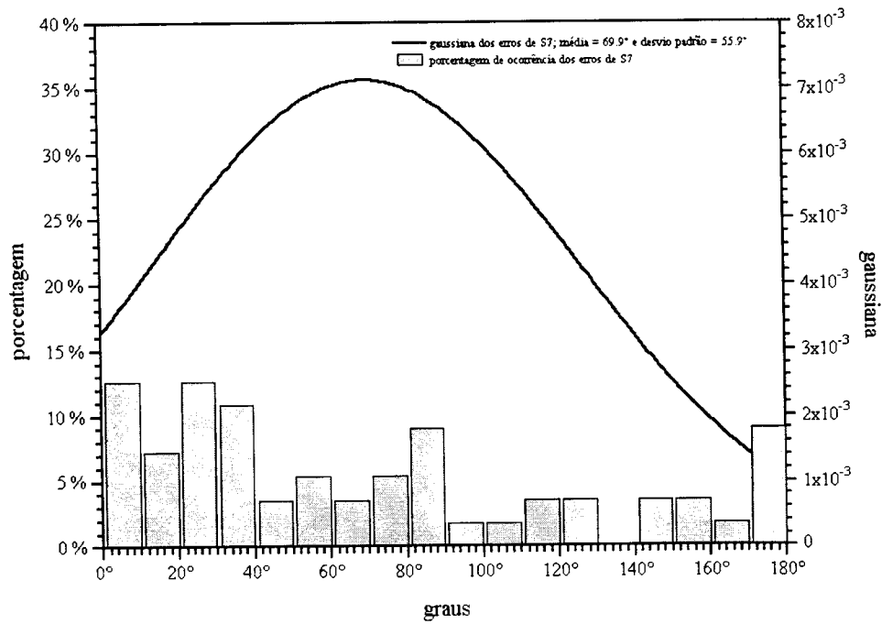


Figura 6.9: Histograma Linear dos erros da simulação 7 (S7).

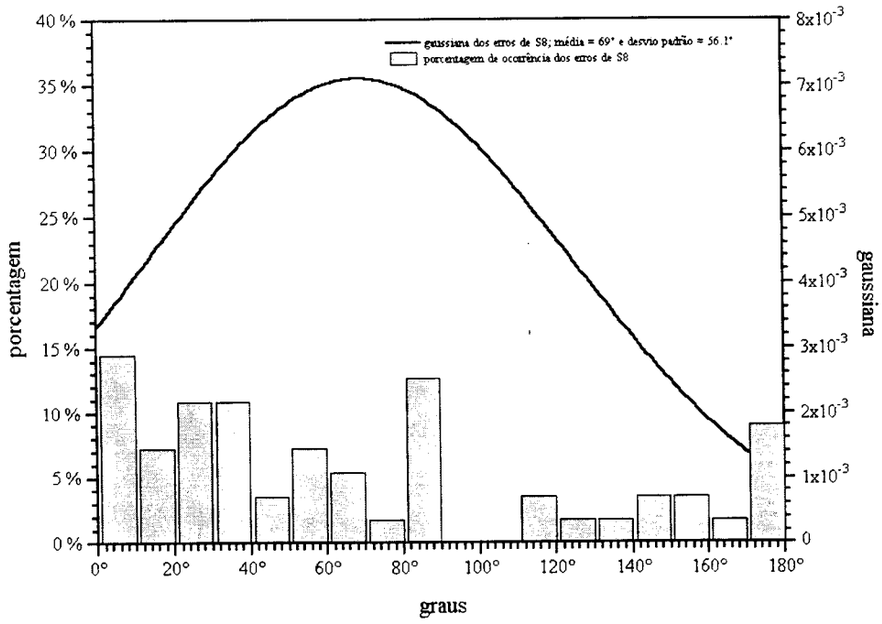


Figura 6.10: Histograma Linear dos erros da simulação 8 (S8).

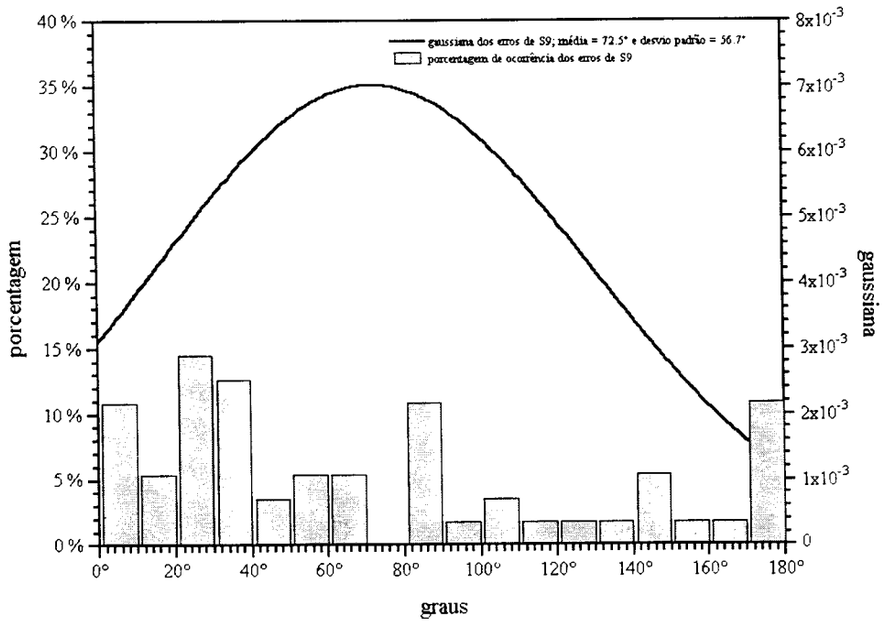


Figura 6.11: Histograma Linear dos erros da simulação 9 (S9).

6.3 A Organização dos Resultados do Modelo do Capítulo 5

Os resultados do modelo da percepção de saliências descrito no Capítulo 5 podem ser visualizados nos histogramas polares das imagens estímulos (ver Apêndice VII), através dos símbolos E1, E2, E3 de acordo com a Tabela 6.5, a qual fornece o valor da variável W e o símbolo correspondente para os três valores utilizados desta variável no cáculo das entropias das curvaturas. Este processo de representação é análogo ao utilizado na representação das direções finais das trajetórias das simulações do modelo do Capítulo 4. Como exemplo de um histograma polar com as representações dos símbolos temos a Figura 6.1.

Tabela 6.5: Tabela dos símbolos que representam a entropia da curvatura.

Símbolos	**Valor da variável W**
E1	0,2 P_e
E2	0,1 P_e
E3	0,05 P_e

Além da visualização dos símbolos que representam as entropias das curvaturas, temos também os dados das mesmas organizados em forma de tabelas, como a Tabela 6.6 seguinte, a qual apresenta os dados relacionados com a imagem estímulo FORMA 1.

Tabela 6.6: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA 1.

Valor da variável W	**0,2 P_e (E1)**	**0,1 P_e (E2)**	**0,05 P_e (E3)**
Direções (graus)	201.2	183.5	179.2
Erros (graus)	6.6	24.3	28.5

Na Tabela 6.6 podemos notar a presença de três linhas que representam respectivamente, os valores que a variável *W* pode assumir no cálculo das entropias das curvaturas, as direções dos pontos onde a entropia da curvatura é máxima, e o erro (valor absoluto da diferença em graus) entre as direções e a média do primeiro grupo selecionado do histograma polar da imagem estímulo FORMA 1. Todas as outras tabelas com os resultados das demais imagens estímulos são apresentadas no Apêndice VII.

6.3.1 Comparação dos Erros do Modelo do Capítulo 5

Esta seção realiza uma comparação entre os erros obtidos pelo modelo do Capítulo 5, para cada valor da variável *W* utilizado no cálculo das entropias das curvaturas, quando este é comparado com o resultado do experimento psicofísico.

Para cada um dos três valores da variável *W* foi montado um histograma linear com a porcentagem de ocorrência dos erros do modelo, considerando-se os resultados de todas as 55 imagens estímulos, como podemos observar nas Figuras 6.12, 6.13 e 6.14. Em tais histogramas os erros foram agrupados em faixas angulares de 10° cada.

Em todos os histogramas foram realizados os cálculos da média angular dos erros e o desvio padrão em relação a esta média (Costa Neto & Cymbalista, 1974). Assim o melhor valor para a variável *W* será aquele onde o histograma apresentar um valor de média mais próxima de zero, com um menor valor de desvio padrão.

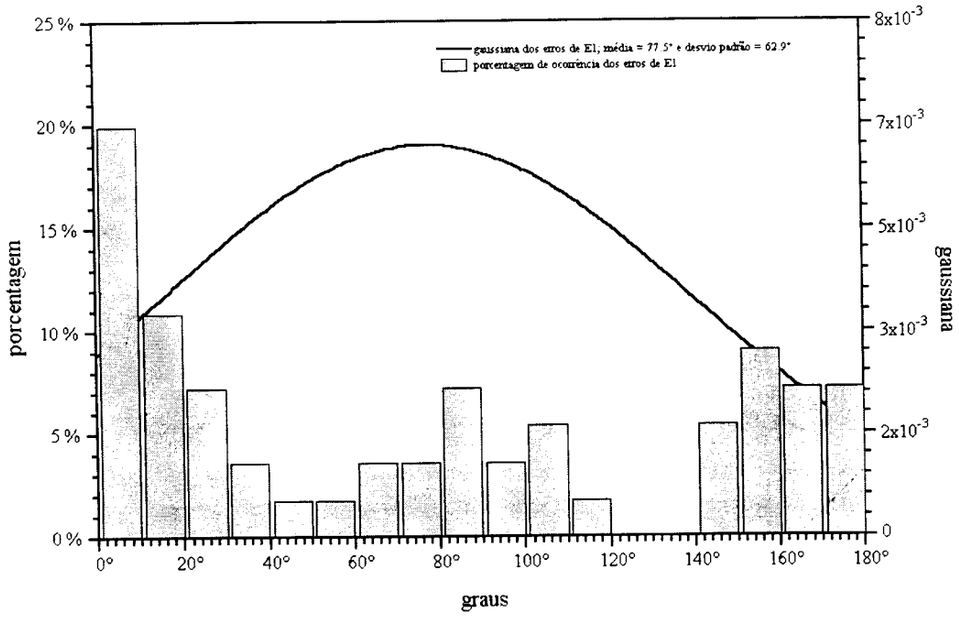


Figura 6.12: Histograma Linear dos erros para W = 20% (E1).

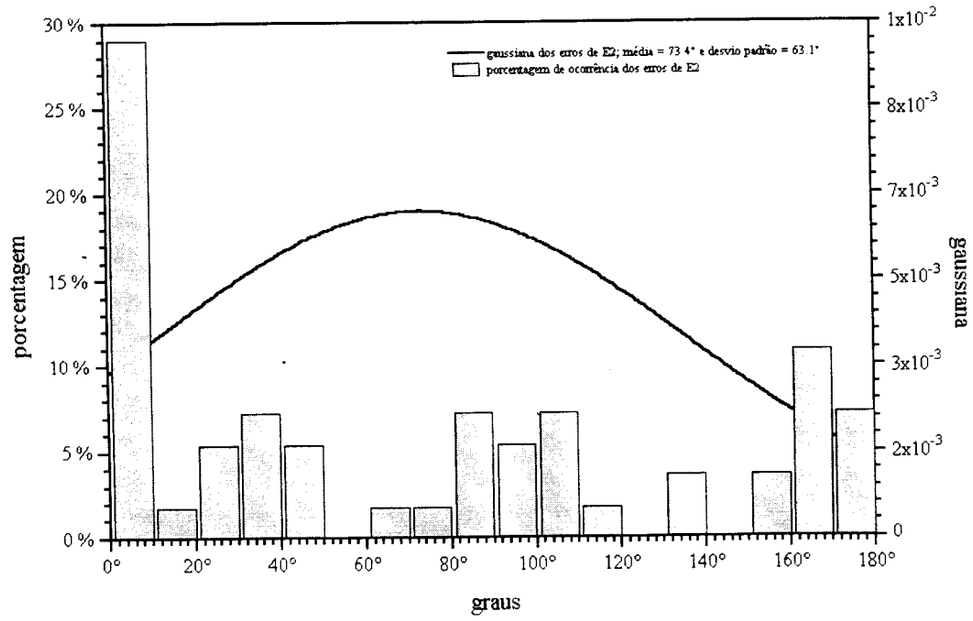


Figura 6.13: Histograma Linear dos erros para W = 10% (E2).

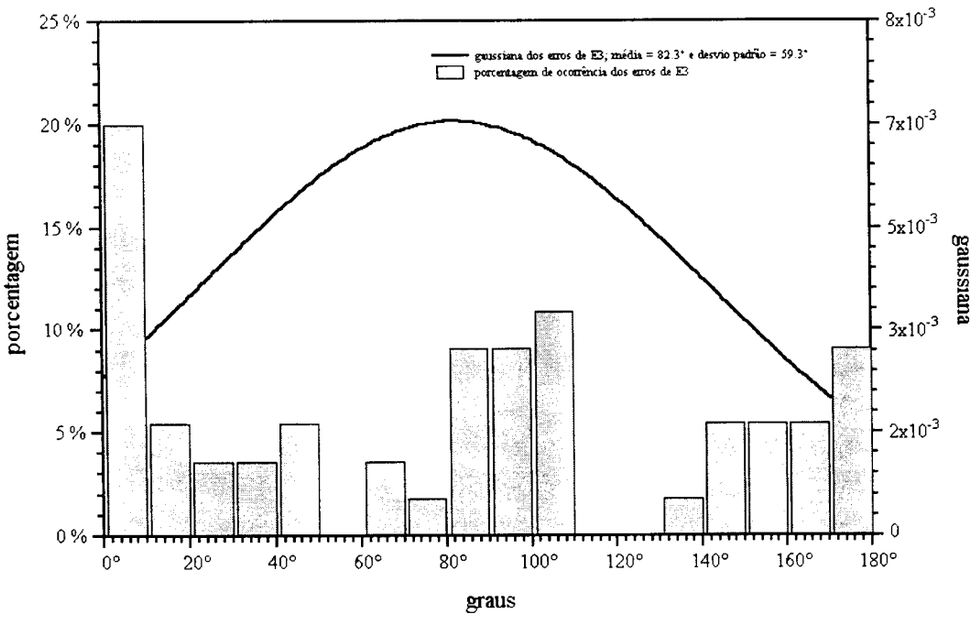


Figura 6.14: Histograma Linear dos erros para W = 5% (E3).

7. Conclusões e Sugestões Para Desenvolvimentos Futuros

Esta dissertação realizou uma pesquisa na área de percepção visual de saliências em formas bidimensionais, pesquisa esta que envolveu um processo investigativo e um processo de modelagem da percepção de saliências em formas bidimensionais.

O processo investigativo foi caracterizado principalmente pelo desensolvimento de um tipo de experimento psicofísico, que apresenta aos indivíduos sob teste imagens de formas (ou contornos) bidimensionais com determinadas características e saliências, sendo este descrito no Capítulo 3.

O processo de modelagem foi caracterizado por dois métodos de modelagem da percepção de saliências. Um desses métodos faz uso de campos vetoriais, como podemos notar através do Capítulo 4. O outro método se apresenta relacionado com a entropia da curvatura das formas utilizadas como imagens estímulos, sendo este descrito no Capítulo 5.

As três seções que se seguem apresentam respectivamente as conclusões sobre o processo investigativo, sobre o processo de modelagem e sugestões para futuros desenvolvimentos que poderão dar continuidade ao trabalho abordado nesta dissertação.

7.1. Conclusões Sobre o Processo Investivativo

O intuito principal do processo investigativo foi obter uma análise das características de formas bidimensionais, juntamente com os tipos de saliências destas formas que influenciam na escolha de uma região por parte dos observadores. Ou seja, obter as características das formas e os tipos de saliências destas formas que levam a uma mais fácil percepção de uma determinada região pelos indivíduos sob teste, para um grupo de imagens de formas bidimensionais apresentadas.

Para isto foi elaborado o experimento psicofísico (ver Capítulo 3), que realizado sobre a tela do monitor de um computador e sendo executado através de um software denominado *Controle do Experimento*, fornece a região escolhida pelos observadores como sendo, aparentemente, a primeira região percebida de uma determinada forma bidimensional.

Os resultados deste experimento psicofísico, ou seja, a freqüência de escolha das regiões das imagens pelos indivíduos, foram organizados através de histogramas polares gerados pelo software denominado *Mapeamento de Imagens*. Assim, com a utilização dos histogramas polares podemos realizar uma análise das características das formas, juntamente com os tipos de saliências destas formas que influenciam na escolha de uma região por parte dos indivíduos.

A conclusão que podemos obter a cerca do método de realização do experimento psicofísico foi bastante razoável de acordo com as condições e padrões exigidos para a realização do mesmo. Isto é, realizar um experimento psicofísico que fornecesse os dados desejados com um baixo custo financeiro, de fácil manuseio por parte de quem o aplica e por parte dos observadores, possibilitando assim que o

mesmo possa ser amplamente difundido, até mesmo via *internet*, gerando deste modo um maior número de dados disponíveis que possibilitará uma maior validade das conclusões aqui obtidas a cerca da percepção de saliências em formas bidimensionais.

Analisando-se o experimento estatisticamente podemos classificar o mesmo como um experimento piloto. Isto é, um experimento que se realiza antes de efetuarmos um experimento em larga escala, para podemos determinar os valores das variáveis estatísticas que influenciam no resultado do experimento psicofísico, como por exemplo, o número ideal de observadores para a realização do experimento de modo que se obtenha uma perfeita amostragem da população.

A análise das características de formas bidimensionais, e dos tipos de saliências foi efetuada através da comparação da teoria exposta no Capítulo 2 com os resultados do experimento psicofísico. Isto é, comparou-se os resultados do histogramas polares, obtidos através do experimento psicofísico, com as principais regras que determinam o processo de percepção de formas.

Observando-se os histogramas polares das formas bidimensionais que compõem o experimento psicofísico, podemos concluir de uma maneira geral que a região escolhida pelos observadores foram regiões das formas bidimensionais onde se tem um maior valor da curvatura, em relação aos demais valores de curvaturas da mesma forma bidimensional. Como alguns exemplos temos as imagens estímulos CIRC1, RETHPV, FORMA K e FORMA R.

Devemos associar ao fato anterior a tendência da escolha de uma região que se apresenta mais próxima do ponto de fixação visual inicial (no caso o centro de massa da imagem estímulo). Como alguns exemplos temos as imagens

estímulos FORMA 2, FORMA 3, FORMA 4, FORMA 6, TRIDUP, FORMA C, FORMA J e FORMA N.

Entretanto, não se pode afirmar que a região escolhida será sempre a de maior curvatura que se apresenta mais próxima possível do ponto de fixação visual, pois como podemos ver através das imagens estímulos AVIÃO, ALTE, COPAS, ELIPSE, ESPADA, FORMA 1, TIL, TRIEQUI, TRIESC, FORMA B, FORMA O, FORMA P, FORMA S, FORMA V, isto não ocorre. Porém, podemos afirmar que de acordo com as características e os tipos de saliências que constituem uma determinada forma bidimensional, teremos uma maior tendência para um ou outro fator que determina a preferência de escolha por parte dos observadores.

Seguindo a regra da "*boa figura*" dos *princípios de Gestalt* para uma figura podemos restringir esta regra para regiões das imagens estímulos, definindo assim uma "*boa região*". Portanto, uma "*boa região*" é aquela que pode ser mais facilmente percebida do que uma não tão "*boa região*" e que apresenta uma maior dificuldade de ser decomposta em outras regiões.

A classificação de uma região ser ou não uma "*boa* região" pode ser obtida (como observado na Seção 2.2) através da análise da simplicidade da região, que pode estar ligada à *complexidade* ou a quantidade de informações contidas na região. Porém, como obsevado na Seção 2.2, complexidade pode ser definida como um somatório de pesos atribuídos à região, tais como: *curvatura*, *angularidade*, *número de lados*, e a *razão entre o quadrado do perímetro e a área* (P^2/A) (Attneave, 1957 e Levine & Shefner, 1991).

Logo, uma "*boa região*" pode ser considerada como a região que apresentar uma menor quantidade de informação ou apresentar uma menor

complexidade, assim a região mais facilmente percebida será aquela que possuir uma menor curvatura.

Comparando-se este fato com os resultados obtidos do experimento psicofísico podemos chegar a conclusão que as regiões escolhidas pelos observadores não são, de um modo geral, "*boas regiões*".

Isto pode ser explicado pelo fato de que as "*boas regiões*" como são mais fáceis de serem percebidas, são também percebidas mais rapidamente, pois são notadas como aspectos globais da imagem estímulo (ver Seção 2.6). Ao contrário, temos as não tão "*boas regiões*" como aspectos locais, os quais são percebidos mais lentamente quando comparados com os globais. Assim, com uma percepção mais lenta esta pode ser melhor memorizada pelo observadores, que fornecem, deste modo, tais regiões como resposta para o experimento psicofísico. Como alguns exemplo podemos citar as imagens estímulos FORMA Y e FORMA Z.

Outra característica analisada das imagens estímulos é a simetria em relação a um eixo que corta a imagem segundo uma determinada orientação. Sobre isto, podemos concluir que ocorre uma certa dispersão entre os lados simétricos na preferência da escolha das regiões semelhantes dos lados simétricos de uma imagem estímulo, isto é, aparentemente não existe uma tendência entre a escolha de um dos lados, pois ambos possuem os mesmos tipos de saliências (ver imagens estímulos como: ALTE, BUSSUL, COPAS, ELIPSE, ESPADA, FORMA 4, QUADR, RETANH, RETANV, CIRC2 e MAIS).

A posição de orientação do eixo de simetria não influi no processo de dispersão (ver imagens estímulos CIRC2, QUADR e MAIS), sendo que talvez uma leve influência no processo escolha possa ocorrer devido ao posicionamento do

"mouse" e do fato de os observadores serem destros ou não. Esta influência pode ser obtida quando analisamos o resultado do histograma polar da imagem estímulo NULA, onde observamos uma leve preferência para a orientação em torno do ângulo de 156,38 graus em relação a um eixo horizontal com os ângulos tomados no sentido anti-horário.

Em relação as características da imagens estímulos, temos ainda o fato da influência do contexto (ver Seção 2.8), o qual pode ser notado através da imagem estímulo AVIÃO. Nesta imagem a preferência de escolha permanece praticamente entre os ponto que correspondem as partes dianteira e traseira do formato de um avião.

Utilizando-se dos resultados do experimento psicofísico podemos ainda obter modelos quantitativo da percepção de saliências de formas bidimensionais, ou seja, modelos que determinem as regiões escolhidas pelos indivíduos durante a realização do experimento psicofísico através de simples equações matemáticas. As conclusões obtida a cerca dos modelo utilizados são descritas na seção seguinte.

7.2. Conclusões Sobre o Processo de Modelagem

Como podemos observar através dos Capítulos 4 e 5, foram desenvolvidos dois métodos de modelamento, sendo um relacionado com campos vetoriais e o outro com a entropia da curvatura das imagens apresentadas como estímulos aos indivíduos.

Os resultados destes dois modelos foram comparados com os resultados práticos obtidos através do experimento psicofísico, a fim de obtermos uma análise da validade dos modelos.

Esta comparação foi realizada através da composição de histogramas lineares com a porcentagem de ocorrência dos erros para cada caso do modelo em questão, os quais foram apresentados na Seção 6.2.1 para a modelagem através de campos vetorias e na Seção 6.3.1 para o modelo que se utiliza do cálculo da entropia da curvatura.

Em todos esses histogramas os erros foram agrupados em faixas angulares de 10 graus cada, e foram realizados os cálculos da média angular dos erros e o desvio em relação a esta média (Costa Neto & Cymbalista, 1974). Portanto, o melhor caso do modelo será aquele que apresentar um valor de média mais próxima de zero, com um menor valor de desvio padrão.

A Tabela 7.1 apresenta os dados das simulações de S1 até S9 do processo de modelagem por campos vetoriais e a Tabela 7.2 apresenta os dados das simulações E1, E2 e E3 do processo de modelagem que utiliza-se do cálculo da entropia da curvatura.

Tabela 7.1: Resultado das simulações do processo de modelagem por campos vetoriais.

Simulações	Alfa (α)	Sigma (σ)	Média	Desvio Padrão
S1	0.5	1	70.4°	63.1°
S2	0.5	2	72.7°	64.7°
S3	0.5	4	69.2°	63.3°
S4	1	1	64.0°	60.2°
S5	1	2	67.8°	61.9°
S6	1	4	65.6°	61.2°
S7	2	1	69.9°	55.9°
S8	2	2	69.0°	56.1°
S9	2	4	72.5°	56.7°

Tabela 7.2: Resultado das simulações do processo de modelagem por entropia da curvatura.

Simulações	Valor da variável W	Média	Desvio Padrão
E1	0,2 P_e	77.5°	62.9°
E2	0,1 P_e	73.4°	63.1°
E3	0,05 P_e	82.3°	59.3°

Podemos notar que a faixa de valores utilizados para as variáveis alfa e sigma para o processo de modelagem por campos vetoriais não gerou uma ampla variação nos valores da média e do desvio padrão dos erros do modelo. Logo, podemos concluir que outros valores devem ser testados até que se determine a melhor combinação das variáveis alfa e sigma que gerem um menor valor da média e do desvio padrão, resultando, deste modo, em um processo de modelagem mais próximo do ideal.

O mesmo fato ocorreu para o processo de modelagem por entropia da curvatura, portanto, devemos também experimentar outros valores da variável W a fim de obter um melhor processo de modelagem.

Fazendo-se uma comparação entre os resultados dos dois processos de modelagem através das Tabelas 7.1 e 7.2, podemos concluir que o processo de modelagem por campos vetoriais apresenta uma ligeira diminuição nos valores dos erros em relação ao processo de modelagem por entropia da curvatura, isto considerando-se a faixa de valores utilizados para as variáveis α, σ e W.

7.3 Sugestões Para Desenvolvimentos Futuros

De acordo com os resultados obtidos neste presente trabalho e com o intuito de ampliar a pesquisa realizada, apresentamos a seguir algumas sugestões que poderão servir de base para novos trabalhos nesta área.

Com a finalidade de obtermos uma perfeita validade das conclusões obtidas através do processo investigativo da percepção de saliências em formas bidimensionais, podemos comparar os resultados do experimento psicofísico utilizado neste trabalho com os resultados obtidos por um outro experiemento psicofísico que se utilize dos pulsos eletrofisiológicos dos movimentos do olhos, que determinam com maior precisão a posição visualizada pelos observadores quando uma imagem estímulo é apresentada aos mesmos.

Como os processos de modelagem foram avaliados sem contudo se utilizar todas as faixas de valores possíveis para as variáveis como α, σ e W, recomenda-se um estudo mais detalhado do comportamento dos processos de modelagem ao longo de uma ampla faixa de valores, podendo-se utilizar para isto o uso de algoritmos genéticos.

Em relação ao processo de modelagem por campos vetoriais podemos tornar a variação de sigma (σ) como uma variação em função da distância média ($\bar{r}_i$), onde se encontra o ponto de fixação visual simulado e as cargas que compõem a *imagem carga* anterior ao deslocamento do ponto de fixação visual simulado. Isto tornará a *imagem carga* variável a cada etapa do processo de simulação do modelo.

No processo de modelagem por entropia da curvatura podemos substituir o gráfico de $S(t)$, onde se retira o valor do ponto de máximo da entropia da

curvatura, por um novo gráfico gerado através do gráfico de S_{t_i} em função do ângulo onde se encontra o pixel t_i. Isto é, podemos substituir o gráfico de $S(t)$ por um gráfico de $S(\theta)$, onde θ varia de 0 a 360 graus. Tal gráfico de será obtido através da seguinte equação:

$$S_\theta = \sum_{t_i \text{ em } \theta} S_{t_i} \ . \tag{28}$$

Portanto, o modelo que se utiliza do cálculo da entropia da curvatura, passa a verificar o ponto de máximo do gráfico de $S(\theta)$, e então relacionar o ângulo onde o valor de $S(\theta)$ é máximo com os ângulos escolhidos pelos observadores durante o experimento psicofísico.

Referências Bibliográficas

ATTNEAVE, Fred. Physical Determinants of the Judged Complexity of Shapes. Journal of Experimental Psychology, v. 53, n. 4, p. 221-227, 1957.

ATTNEAVE, Fred, ARNOULT, Malcolm. The Quantitative Study of Shape and Pattern Perception. Psychological Bulletin, v. 53, n. 6, 1956.

ATTNEAVE, Fred. Some Informational Aspects of Visual Perception. Psychological Review, v. 61, n. 3, 1954.

BARANENKOV, G., DEMIDOVICH, B. et al. Problemas y Ejercicios de Analisis Matematico. 2.ed. Editorial Mir, Moscú, 1967. Cap. 5, p. 105- 107.

BRIGHAM, E. Oran. The Fast Fourier Transform and Its Applications. Prentice Hall, 1974. Cap. 11.

CARPENTER, RHS. Movementes of the Eyes. Pion - London, 1977.

CESAR JUNIOR, Roberto M., DA F. COSTA, Luciano. Piecewise Linear Segmentation of Digital Contours in O (N.Log(N)) Through a Technique Based on Effective Digital Curvature Estimation. Real-Time Imaging, v. 1, p. 409-417, 1995.

CESAR JUNIOR, Roberto Marcondes. Análise Multi-Escala de Formas Bidimensionais. São Carlos, 1997. Tese (Doutorado) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CONSULARO, Luís A., CESAR JUNIOR, Roberto M. e DA F. COSTA, Luciano. Σynergos and its Application to Contour Segmentation. in:Proceedings of III Workshop on Cybernetic Vision. 1999.

CONSULARO, Luís A., DA F. COSTA, Luciano. The Dynamics of Biological Evolution and the Importance of Spatial Relations and Shapes. International Workshop on Human and Machine Perception, Pavia, Itália, Setembro de 1998.

COOPER, Eric E., JUOLA, James F.. The Control of Visual Attention Using Multiple Target Features. Acta Psychologica, v. 75, p. 139-151, 1990.

COSTA NETO, Pedro L.de O., CYMBALISTA, Melvin. Probabilidades. 1.ed. Edgard Blücher, 1974. Cap.2, p.33,36,37 e Cap.5, p.99.

DE VALOIS, Russell L.; DE VALOIS, Karen K.. Spatial Vision. Oxford University Press, 1990. Cap. 6.

GONZALEZ, Rafael C., WINTZ, Paul. Digital Image Processing. 2.ed. Addison-Wesley Publishing Company, 1987.

HEINKE, Dietmar; HUMPHREYS, Glyn W.. SAIM: A Model of Visual Attention and Neglect. Artificial Neural Networks - ICANN '97. 7th International Conference Proceedings, p. 913-918. 1997.

KAWABATA, Nobuo. A Model of Selective Attention to Disambiguate Ambiguous Figures. Systems and Computers in Japan, v. 24, n. 6, p. 26-37, 1993.

KUSTOV, Alexander A.; ROBINSON, David L.. Shared Neural Control of Attentional Shifts and Eye Movementes. Nature, v. 384, p. 74-77, 1996.

LEVINE, Martin D. Vision in Man and Machine. McGraw - Hill, 1985.

LEVINE, Michael W.; SHEFNER, Jeremy M.. Fundamentals of Sensation and Perception. 2.ed. Brooks / Cole Publishing Company, 1991. Cap.1, p.1-5 e Cap.2, p.7-33.

LUMER, Erik D.. Selective Attention to Perceptual Groups: The Phase Tracking Mechanism. International Journal of Neural Systems, v. 3, n. 1, p. 1-17, 1992.

MASCARENHAS, Nelson D. A.; VELASCO, Flávio R. D.. Processamento Digital de Imagens. 1989.

PRATT, William K.. Digital Image Processing. 2.ed. John Wiley & Sons, 1991.

SCHALKOFF, Robert J. Digital Image Processingand Computer Vision. John Wiley & Sons, 1989.

SCHIFFMAN, Harvey Richard. Sensation and Perception an Integrated Approach. 2.ed. Rutgers, The state University, 1982. Cap.1, p.1-5 e Cap.2., p.6-22.

SEKULER, Robert; BLAKE, Randolph. Perception. 2.ed. McGraw - Hill, 1990. Apêndice, p.451-462.

SHIMAYA, Akira. Perception of Complex Line Drawings. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v. 23, n. 1, p. 25-50, 1997.

SPILLMANN, Lothar; WERNER, John S.. Visual Perception. The Neurophysiological Foundations. Academic Press, Inc, 1990. Cap. 10, p.152-272; Cap.11, p. 273-316 e Cap. 15, p. 417-419.

TOVÉE, Martin J. An Introduction to the Visual System. 1.ed. Cambridge University Press, 1996.

TREISMAN, Anne, PATERSON, Randolph. Emergent Features, Attention, and Object Perception. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v. 10, n. 1, p. 12-31, 1984.

VAN DE LAAR, Piërre, HESKES, Tom and GIELEN, Stan. Task-Dependent Learning of Attention. Neural Networks, v. 10, n. 6, p. 981-992, 1997.

VECERA, Shaun P., FARAH, Martha J.. Does Visual Attention Select Objects or Locations? Journal of Experimental Psychology: General, v.123, n. 2, p. 146-160, 1994.

Apêndice I - Noções Gerais de Psicofísica

1 Introdução

Primeiramente devemos caracterizar dois termos muito utilizados em psicofísica, sendo estes a *sensação* e a *percepção*.

A sensação está diretamente relacionada com os estímulos físicos, os quais são alguma forma de energia, transmitidos aos sensores fisiológicos. Como exemplos temos qualidades como duro, quente, azul, etc.

Já a percepção está relacionada com o processo psicológico da compreensão de uma sensação, envolvendo assim um certo padrão de julgamento. Utiliza-se um processo de organização e integração dos estímulos físicos produzidos pelos sensores fisiológicos.

As próximas seções revisam outros conceitos e técnicas em psicofísica. Estas baseiam-se principalmente em Schiffman (1982), Sekuler & Blake (1990) e Levine & Shefner (1991).

2 Psicofísica

Podemos definir p*sicofísica* como a ciência que procura quantificar a relação entre a variação de certas características dos estímulos físicos (de dimensões físicas) e as respectivas mudanças ocorridas no lado subjetivo do experimento (de características psicológicas). Tais métodos, utilizados para descrevermos esta relação, são tratados como *métodos psicofísicos*, sendo os principais discutidos neste apêndice.

3 Limiar Absoluto

Uma das primeiras característica que devemos ter conhecimento, quando realizamos um experimento psicofísico, é a quantidade mínima de energia estimulante necessária para a detecção de um estímulo. Tal quantidade recebe o nome de *limiar absoluto* (Schiffman, 1982; Sekuler & Blake, 1990 e Levine & Shefner, 1991).

Se a magnitude do estímulo for muito pequena e não produzir uma resposta detectável, dizemos que a magnitude do estímulo é *subthreshold* ou *sublimiar*; ao contrário se a magnitude for muito forte, esta é dita *suprathreshold* ou *supralimiar*. Um outro fato a ser notado é que o mínimo estímulo detectável não é

absolutamente fixo, mas varia com a modalidade investigada, com as condições do experimento, o número de observadores e outros fatores do experimento.

Existem certos métodos para a determinação do limiar absoluto, dentre os quais podemos destacar: *método dos limites* ou *método da mudança mínima*, *método do ajustamento*, *método do estímulo constante, método da escada e o método da mudança forçada* ou *método objetivo*. Estes métodos são brevemente discutidos a seguir.

3.1 Método dos Limites ou da Mudança Mínima

Neste método o limiar absoluto é determinado através de um processo de varredura de vários valores de magnitudes do estímulo, segundo passos de pequena magnitude. Devemos começar com um valor de magnitude muito elevado, ou muito baixo, e aos poucos vamos adicionando um passo de diminuição, ou de aumento, respectivamente às magnitudes anteriores. Este processo ocorre até que o observador diga-nos que o estímulo não é mais detectável, no caso de diminuição, ou passa a ser detectável, no caso de aumento. Assim esses respectivos valores de estímulos deverão ser os valores dos limiares absolutos para um processo descendente e ascendente.

Efetuando-se todo o processo anterior várias vezes, obtemos diversos valores de limiares, sendo que o limiar absoluto médio, é tomado como padrão do experimento. É interessante registrarmos também o desvio padrão e outras estatísticas destas medidas.

3.2 Método do Ajustamento

Consiste em se manter a intensidade do estímulo ligeiramente abaixo do valor detectável pelo observador, sendo este forçado a aumentar uma certa quantidade de intensidade de estímulo, a fim de que o mesmo torne-se detectável. Logo, o limiar é calculado através dessa quantidade de estímulo adicionada pelo observador ao experimento. O processo inverso também pode ser realizado, ou seja, a intensidade de estímulo é mantida acima do nível detectável, e o observador deverá retirar uma certa quantidade de intensidade de estímulo para que o mesmo torne-se não detectável.

3.3 Método do Estímulo Constante

Um número fixo de estímulos de diferentes intensidades são apresentados de maneira aleatória ao observador, o qual fornece uma resposta de detecção, "sim" para o caso dele ter detectado o estímulo, e "não" caso contrário. A porcentagem em que cada intensidade de estímulo é detectada é computada, sendo a intensidade que possuir uma porcentagem de 50% tomada como o valor do limiar absoluto. Este método pode ser modificado, como uma melhor escolha da faixa das intensidades dos estímulos apresentados, isto é, restringindo-se a valores próximos do limiar absoluto, pois valores muitos distantes possuem pouca influência no valor do limiar absoluto.

3.4 Método da Escada

Consiste numa variação do método dos limites, onde a primeira etapa do método (até a determinação do limiar absoluto) é praticamente idêntica ao método dos limites. Tão logo a resposta do observador mude, ou seja, a região do limiar absoluto seja determinada, a variação na intensidade dos estímulos mudará de sinal. Isto é, se os estímulos estiverem diminuindo em intensidade, passarão a ter agora um aumento; sendo o contrário também realizado.

Cada seqüência de intensidades mantém-se até que a resposta do observador mude novamente, a qual provocará uma nova reversão na intensidade dos estímulos. Deste modo teremos a magnitude da intensidade dos estímulos oscilando acima e abaixo do nível de limiar absoluto, como podemos notar na Figura ApI.1a. O limiar absoluto final é obtido através de uma média dos níveis oscilatórios, após no mínimo cerca de seis ou sete reversões.

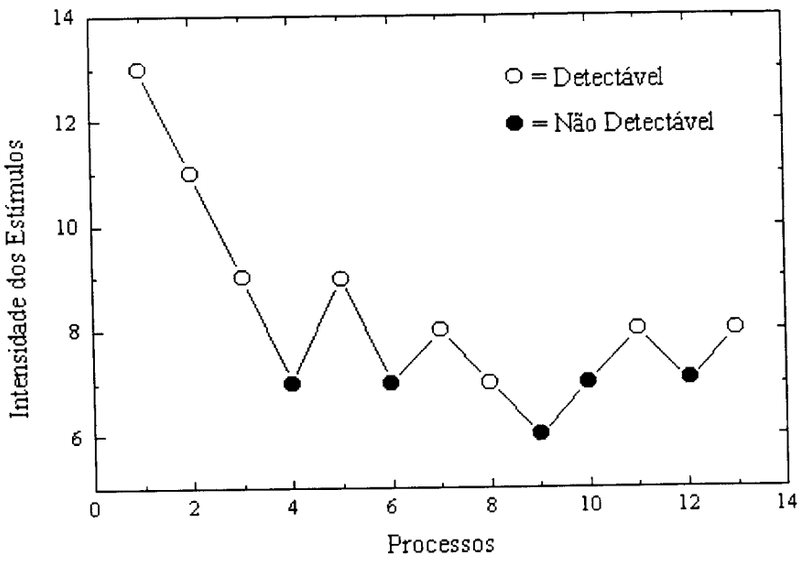


Figura ApI.1a: Resultado de um experimento pelo método da escada.

Entretanto, como todo método de medida do limiar absoluto, o observador pode tentar "prever" a sua resposta, induzindo um erro no valor do limiar absoluto. Para tal situação podemos aplicar uma variação do método da escada, o qual consiste na aplicação de dois métodos da escada de valores iniciais inversos atuando alternadamente. Ou seja, em cada processo de reconhecimento do observador teremos um método da escada presente, sendo um com valor inicial dos estímulos acima do limiar absoluto e o outro com valor abaixo.

Este método é mostrado na Figura ApI.1b. Ele ainda possui variações, como uma apresentação de forma aleatória dos dois métodos da escada entre os vários processos de amostragem dos estímulos, tornando deste modo o método ainda menos previsível para o observador.

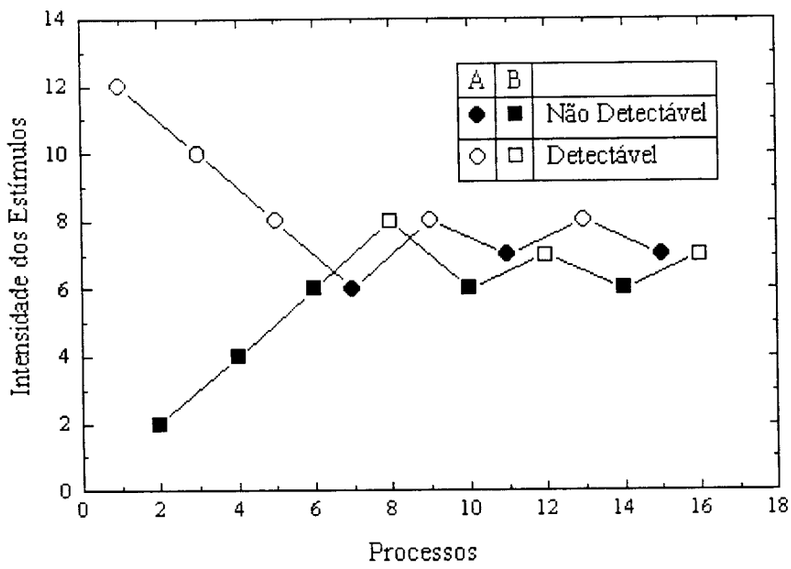


Figura ApI.1b: O resultado de um experimento usando dois métodos da escada intercalados.

3.5 Método da Mudança Forçada ou Método Objetivo

Este método geralmente é aplicado após um dos métodos anteriores, para validação dos resultados obtidos pelos outros métodos. Seu processo é basicamente idêntico ao dos outros métodos, mas com apenas algumas modificações que não deixam o observador "prever" uma resposta. Pode ser utilizado para determinar uma média dos critério de julgamento de vários observadores. Como exemplo desse método podemos tomar um processo de determinação da mínima intensidade de luz visível, como descrito a seguir.

Após a determinação do limiar absoluto da intensidade de luz visível, pontos de luz com intensidades acima e abaixo do limiar absoluto são mostrados à esquerda ou à direita do observador, o qual limita-se a responder somente em que posições tais pontos se apresentam. Deste modo, pontos com intensidades que foram falsamente recònhecidos pelo observador como visíveis, não serão agora reconhecidos, pois o mesmo não poderá descrever sua posição. Assim, teremos um novo valor do limiar absoluto da intensidade de luz visível.

4 O Limiar Absoluto Real

O conceito do limiar absoluto sugere a idéia de que existe um valor específico na intensidade da magnitude do estímulo, que quando aplicado, este é certamente percebido(Schiffman, 1982; Sekuler & Blake, 1990 e Levine & Shefner, 1991). Se isso fosse verdadeiro, a curva hipotética da Figura ApI.2a, seria o resultado de um experimento. Nesta curva um observador não detecta nenhum estímulo até um certo nível de energia (tomado como 4 unidades de energia), e acima deste todos os estímulos são detectados.

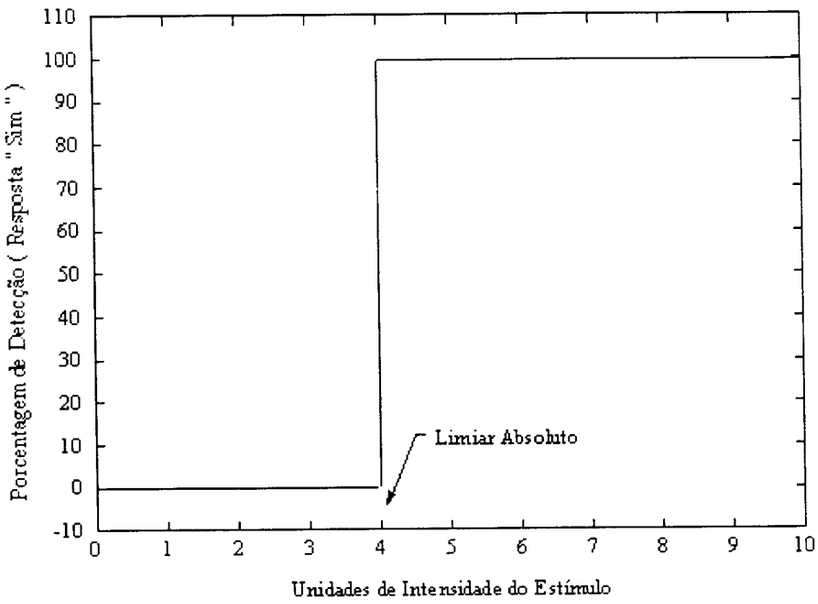


Figura ApI.2a:Curva hipotética relacionando a intensidade do estímulo ao limiar absoluto.

Entretanto, para um experimento real, tem-se uma curva em forma de "S", como mostra a Figura ApI.2b, a qual indica que se houver um aumento no nível de energia, teremos também um aumento na probabilidade do estímulo correspondente ser detectado.

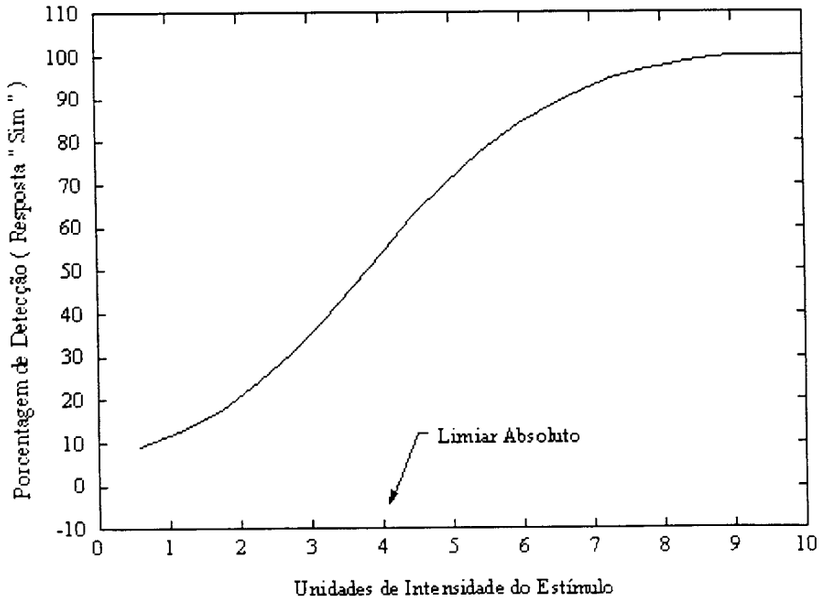


Figura ApI.2b: Uma função empírica do limiar. Por convenção, o limiar absoluto é definido como a intensidade na qual o estímulo é detectado em 50% dos experimentos. Esta curva é típica daquela gerada pelo método do estímulo constante.

Com isso podemos concluir que não existe um valor simples e fixo de limiar absoluto, mas sim que devemos adotar um conceito estatístico para determinação do mesmo, como no método do estímulo constante mostrado na Figura ApI.2b.

5 Limiar Diferencial

O *limiar diferencial* pode ser tomado como a menor diferença entre dois estímulos ainda detectáveis (Schiffman, 1982; Sekuler & Blake, 1990 e Levine & Shefner, 1991). Como no limiar absoluto, o valor do limiar diferencial é computado através de uma média sobre os valores obtidos em várias tentativas, ou seja, o limiar diferencial também é uma medida estatística.

Utilizando-se o limiar diferencial, E. H. Weber (Schiffman, 1982; Sekuler & Blake, 1990 e Levine & Shefner, 1991) notou que a quantidade de mudança, aumento ou diminuição em um estímulo, necessária para torná-lo diferentemente detectável é proporcional à magnitude do estímulo. Este é o princípio fundamental da sensibilidade relativa, o qual é conhecido como *fração* ou *razão de Weber*, sendo descrita como:

$$\frac{\Delta I}{I} = k \ ; \qquad \text{(ApI.1)}$$

sendo: I a magnitude da intensidade do estímulo, na qual o limiar é obtido; ΔI o limiar diferencial; k a constante de proporcionalidade, a qual varia para diferentes modalidades.

Porém, a razão de Weber não é válida para todo o espectro do estímulo sob teste, mas somente quando este se apresenta em uma faixa média do estímulo, ou seja, este não é muito fraco nem muito forte quando comparado com os níveis intermediários. (Sekuler & Blake, 1990).

6 Lei de Fechner

Gustave Fechner (Schiffman, 1982 e Levine & Shefner, 1991) mostrou que o limiar diferencial poderia ser utilizado como uma unidade padrão na medida da magnitude da sensação relacionada com o determinado estímulo. Para isso ele assumiu que, para uma dada modalidade sensorial, todos os limiares diferenciais representam uma igual unidade de sensação.

Utilizando-se a razão de Weber, para uma intensidade de estímulo pequena, teremos um pequeno incremento no estímulo para obtermos o limiar diferencial; e para uma intensidade de estímulo maior, um maior incremento no estímulo será necessário para que seja obtida a mesma resposta sensitiva anterior. Observa-se que os limiares diferenciais crescem aritmeticamente, enquanto a intensidade dos estímulos crescem geometricamente, como ilustra a Figura ApI.3.

Nota-se da Figura ApI.3, que diferenças entre as unidades de estímulo cada vez maiores são necessárias para manter as diferenças entre as unidades de sensação variando linearmente.

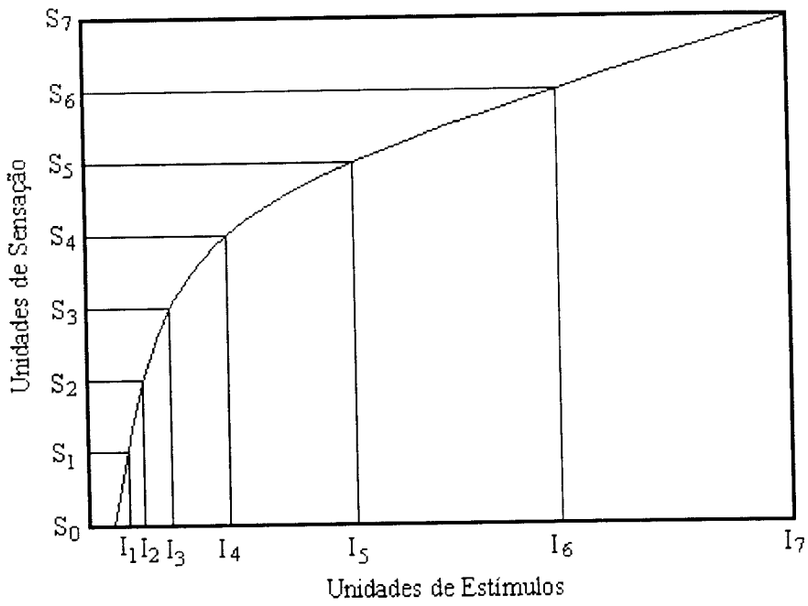


Figura ApI.3: A relação entre a sensação contínua e um estímulo contínuo pela Lei de Fechner.

A Lei de Fechner pode ser expressa através da equação:

$$S = k \log I \qquad \text{(ApI.2)}$$

sendo S a sensação, k uma constante de proporcionalidade que engloba a razão de Weber e I a intensidade do estímulo.

Como na razão de Weber, a Lei de Fechner só representa bem os experimentos psicofísicos quando estes possuem estímulos presentes na faixa intermediária do espectro do mesmo.

7 Lei da Potência de Stevens

A Lei da Potência ou Lei da Potência de Stevens expressa que a magnitude da sensação cresce proporcionalmente à intensidade de um estímulo, através de uma determinada potência (Schiffman, 1982 e Levine & Shefner, 1991), ou seja:

$$S = k \ I^b \qquad \text{(ApI.3)}$$

em que b é um expoente que permanece constante para uma dada dimensão sensorial e um determinado conjunto de condições experimentais, S é a sensação correspondente ao estímulo aplicado (I) e k é uma constante de proporcionalidade diferente das utilizadas nas razão de Weber e Lei de Fechner.

Pela lei da potência podemos notar que o valor do expoente b determina a ordem da curvatura resultante. Por exemplo, na Figura ApI.4 temos três curvas:

Para $b \cong 1$, tem-se uma linha com ângulos de 45 graus com os eixos das abcissas e das ordenadas. Assim, $S = k\ I$, ou seja, a sensação é diretamente proporcional ao estímulo.

A outra curva apresenta $b \cong 0{,}33$. Nesta curva, observa-se que um determinado aumento no estímulo levará a um menor aumento na sensação correspondente.

Para $b \cong 3{,}5$, a curva possui concavidade voltada para cima. Para esta curva, um determinado aumento no estímulo produzirá um maior aumento na sensação.

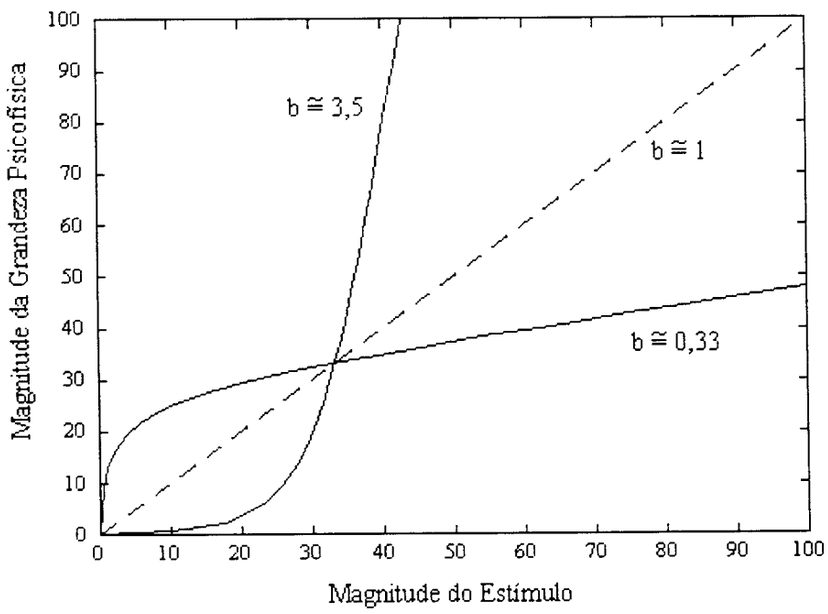


Figura ApI.4: Lei da Potência de Stevens para $b \cong 1{,}0$; 0,33 e 3,5 em coordenadas lineares.

Deste modo, se tomarmos os eixos das coordenadas em dimensões logarítmicas, ou seja, o logaritmo dos estímulos e das sensações, teremos:

$$\log S = b \log I + \log k \ . \qquad \text{(ApI.4)}$$

Logo, num gráfico com sistema de coordenadas Log - Log (Figura ApI.5), as curvas descritas acima se tornarão retas, cujas equações serão dadas por:

$$X = b\ Y + K\ , \qquad \text{(ApI.5)}$$

sendo: $X = \log S$, $Y = \log I$ e $K = \log k$. Assim, quando $Y = 0$ ou $I = 1$, teremos o valor de K ou $k = 10^K$, já o valor de b será dado pela inclinação da reta descrita por X e Y, ou seja:

$$b = \frac{X - K}{Y} = \frac{X - Xo}{Y - Yo} . \qquad \text{(ApI.6)}$$

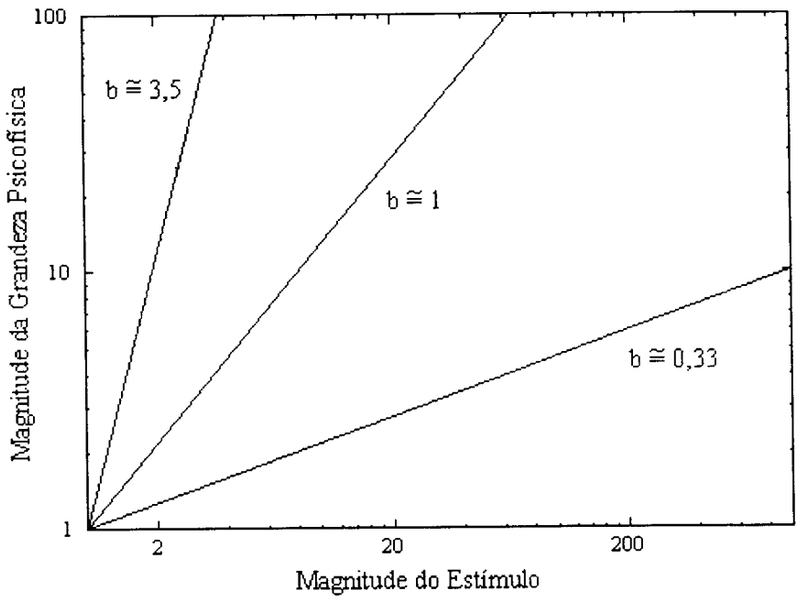


Figura ApI.5: Curvas da Figura ApI.4 plotadas num sistema de coordenadas log - log.

8 Teoria da Adaptação do Nível. A Relatividade do Julgamento Psicofísico

Considerando que, os julgamentos feitos em um experimento psicofisiço sofrem influências significativas de outros fatores, além daqueles impostos pelas características dos estímulos. Foi desenvolvida a *Teoria da Adaptação do Nível* (Schiffman, 1982).

Esta teoria diz que, quando um observador julga a magnitude de um determinado estímulo, ele estabelece uma escala de julgamento pessoal ou subjetiva. Nesta escala existe uma magnitude que resulta numa resposta neutra ou indiferente do observador. Entretanto, quando o resultado da resposta for médio ou normal, teremos este valor de resposta chamado de *Nível Adaptado*.

O *Nível Adaptado* representa o nível central de julgamento do observador, ou seja, abaixo deste nível o estímulo é dito como "fraco" ou "pequeno" e acima é dito "forte" ou "grande".

O *Nível Adaptado* é afetado por três classes de estímulos:

Estímulo Focal: refere-se ao estímulo em foco, ou seja, o estímulo realmente sob teste;

Estímulos de Fundo: referem-se aos estímulos provenientes das situações de fundo do experimento psicofísico, isto é, os experimentos que geram os estímulos focais;

Estímulo Residual: refere-se aos fatores orgânicos internos, tais como a experiência do observador com relação ao experimento psicofísico, sua prática, os fatores que constituem o experimento e o estado fisiológico em que se encontra o observador.

Deste modo, um julgamento de um observador sempre reflete uma média destes estímulos em seu *Nível Adaptado*, ou seja, os julgamentos são considerados sempre relativos a um valor de referência, o Nível Adaptado.

Apêndice II - Software do Experimento Psicofísico

Este apêndice descreve como utilizar o software que realiza o experimento psicofísico citado no Capítulo 3, ou seja, o software denominado *Controle do Experimento*, implementado na linguagem Dephi.

Para que possamos entender melhor as considerações apresentadas aqui, devemos ter prévio conhecimento do esquema representativo do experimento psicofísico apresentado na Seção 3.7.

1. Ajustando as Características do Experimento Psicofísico

Após o ajuste de todas as condições iniciais para a realização do experimento psicofísico, executando-se o software *Controle do Experimento* teremos duas possíveis telas principais com os mais importantes itens de menu, como mostrado na Figura ApII.1.

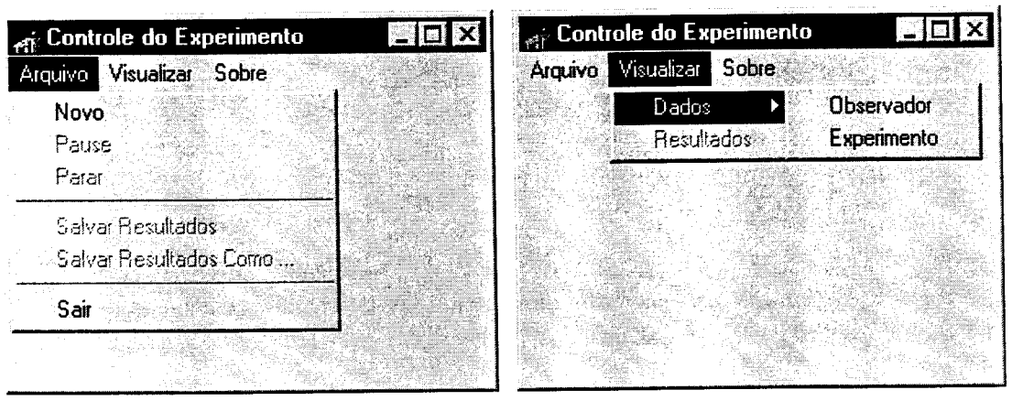


Figura ApII.1: As duas possíveis telas principais do software que controla o experimento psicofísico.

Através dos itens de menu *Visualizar*, *Dados* e *Experimento*, temos acesso a uma caixa de diálogo, como mostra a Figura ApII.2. Esta caixa possui quatro campos principais: *Número de Divisões*, *Tempo de Apresentação do Estímulo Central (em milisegundos)*, *Tempo de Apresentação das Imagens Estímulos (em*

milisegundos), *Tempo de Apresentação do Círculo de Resposta (em milisegundos)*, sendo tais campos responsáveis pelas características do experimento que será realizado, como descrito na Seção 3.4.

Todos estes campos possuem valores pré-definidos ("default"), os quais são: 72, 700, 700, 2000, respectivamente para os campos: *Número de Divisões*, *Tempo de Apresentação do Estímulo Central (em milisegundos)*, *Tempo de Apresentação das Imagens Estímulos (em milisegundos)*, *Tempo de Apresentação do Círculo de Resposta (em milisegundos)*.

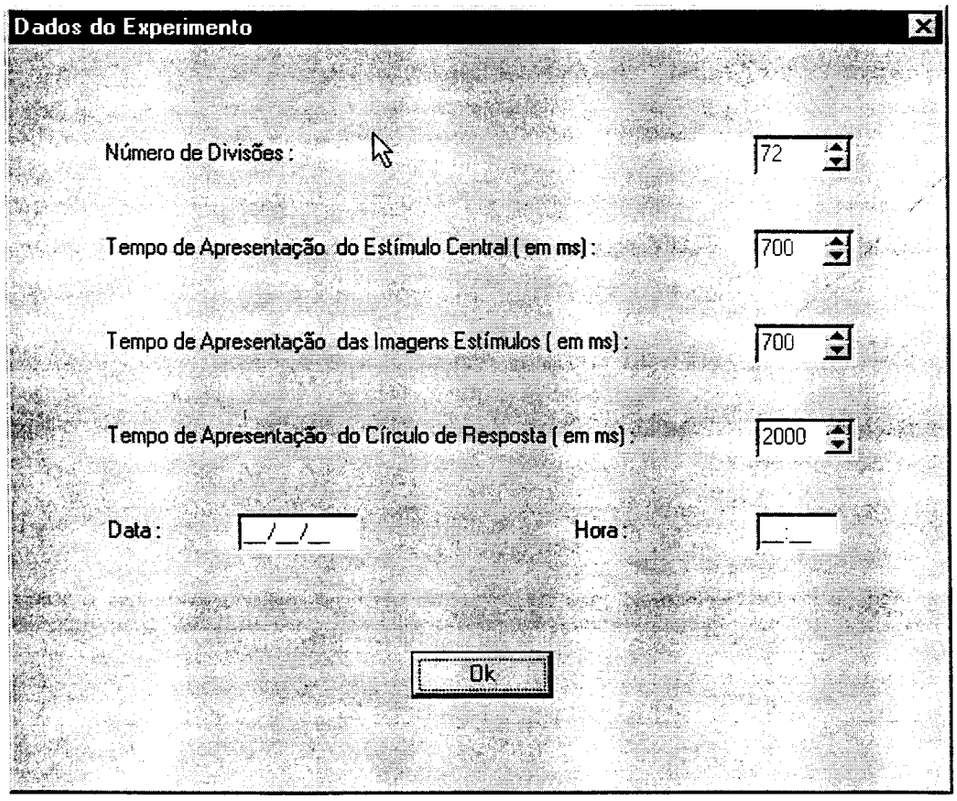


Figura 2: Caixa de Diálogo, onde seus campos ajustam as principais características do experimento psicofísico.

2. Escolha da Lista de Apresentação

A escolha de uma Lista de Apresentação, que contém as imagens estímulos e como elas serão apresentadas ao observador do experimento, é realizada através dos itens de menu *Arquivo* e *Novo*, que executam a abertura de uma nova caixa de diálogo, como a da Figura ApII.3.

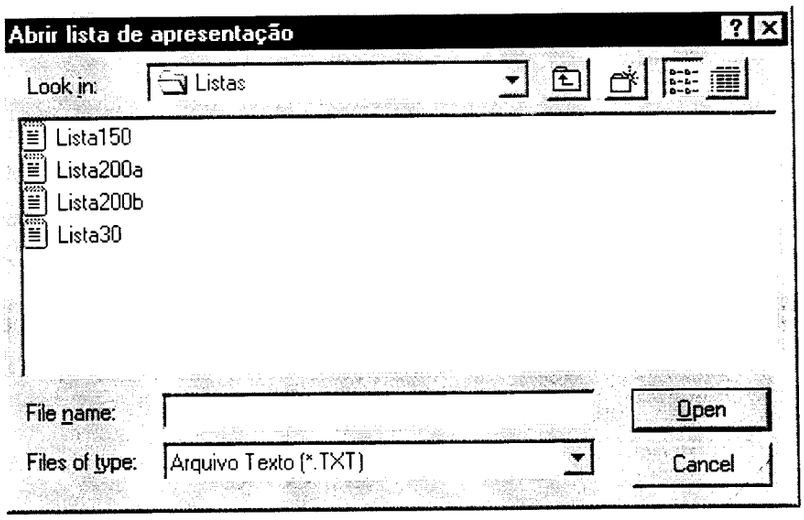


Figura ApII.3: Caixa de diálogo para escolha de uma Lista de Apresentação.

As Listas de Apresentações são arquivos do tipo texto (com extensão TXT) previamente editados, como podemos notar na Figura ApII.4.

Na primeira linha, da Lista de Apresentação da Figura ApII.4, temos o "diretório" onde se encontram as imagens estímulos (imagens do tipo bitmap, extensão BMP) que serão apresentadas ao observador do experimento, no caso: "C:\Imagens\ImgEst\". A partir da segunda linha, temos os nomes das imagens estímulos na seqüência em que as mesmas serão apresentadas ao observador.

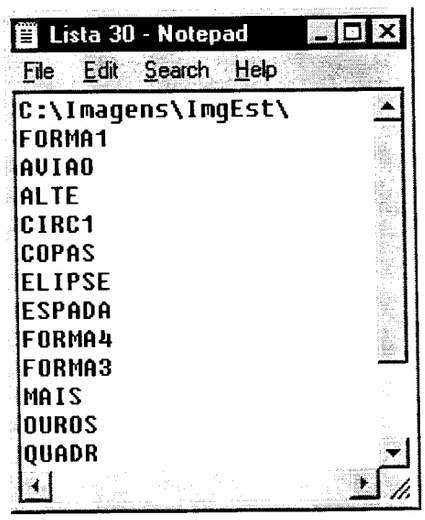


Figura ApII.4: Exemplo de uma Lista de Apresentação.

3. Executando o Experimento Psicofísico

Logo após a escolha da Lista de Apresentação, efetuando-se o fechamento da caixa de diálogo através do botão *Open*, o experimento psicofísico será inicializado através da execução do processo de apresentação, como descrito na Seção 3.5.2.

Durante o processo de apresentação e ao término de cada etapa de apresentação, será apresentada ao observador uma caixa de diálogo como vista na Figura ApII.5.

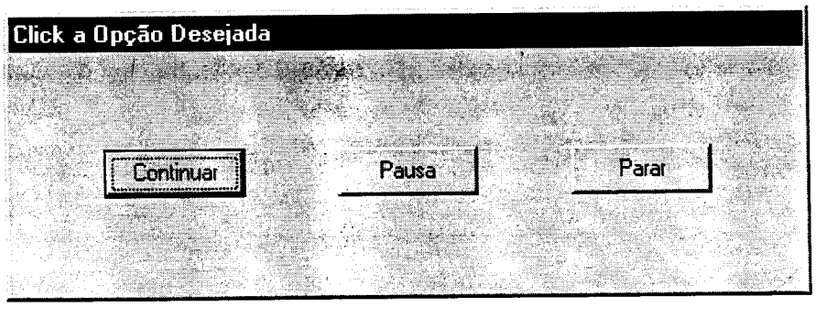


Figura ApII.5: Caixa de diálogo apresentada ao observador entre duas etapas de apresentação.

Esta caixa de diálogo possui três botões, que fornecem três opções de escolha para o observador: *Continuar*, *Pausa* e *Parar*. O botão *Continuar*, como o próprio nome diz, dá continuação ao processo de apresentação; já o botão *Parar* interrompe o processo de apresentação, não completando assim a apresentação de todas as imagens que fazem parte da Lista de Apresentação escolhida. Se desejarmos retomar o processo de apresentação, deveremos reiniciar todo o processo com a escolha da mesma lista ou de outra qualquer.

Com a finalidade de contornar este problema, foi colocada uma opção de efetuar-se apenas uma pausa no processo de apresentação. Isto é feito através do botão *Pausa*, o qual provoca uma interrupção temporária no processo de apresentação, até que, através dos itens de menu *Arquivo* e *Pausa*, o processo de apresentação seja retomado na etapa de apresentação seguinte da Lista de Apresentação.

Quando toda Lista de Apresentação tiver sido processada, a caixa de diálogo descrita anteriormente não será apresentada, mas uma mensagem dizendo que o processo foi concluído será mostrada na tela do monitor, como podemos ver na Figura ApII.6.

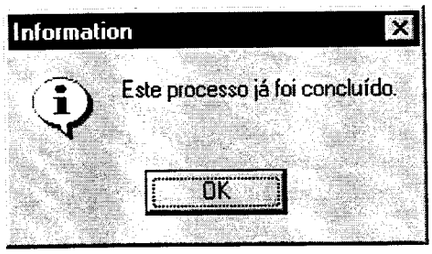


Figura ApII.6: Mensagem sobre o término do processo de apresentação.

4. Visualizando os Resultados

Os resultados das várias etapas de apresentação que compõem o experimento são agrupados, compondo assim uma lista de freqüências dos ângulos centrais indicados pelo observador para cada imagem estímulo da Lista de Apresentação, como foi descrito na Seção 3.6.1.

Tal lista de freqüências pode ser visualizada durante ou após a conclusão do processo de apresentação, através dos itens de menu *Visualizar* e *Resultados*, na forma de uma lista como a da Figura ApII.7, onde temos somente a lista de uma imagem estímulo FORMA 1, apresentada 1 vez a um observador e com número de divisões igual a 72.

Na visualização da lista de freqüência temos uma coluna denominada "Ângulos", que representa todos os ângulos delimitados por uma faixa angular, e o ângulo central desta faixa é aquele mostrado na coluna (ver Seção 3.6).

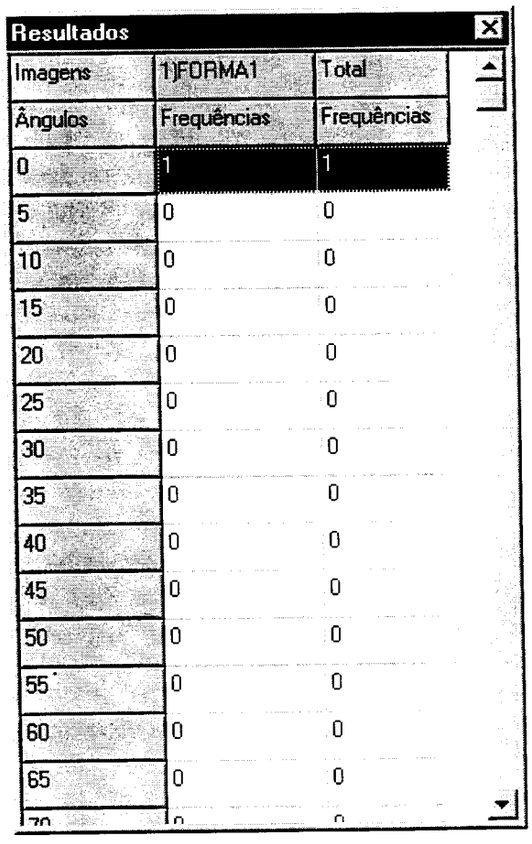


Figura ApII.7: Lista de freqüências de uma imagem FORMA 1, onde o número de divisões é de 72 e o número de apresentações é igual a 1. A coluna denominada "Ângulos" representa o valor do ângulo central da faixa angular, cuja largura é de 5°.

5. Armazenando os Resultados

Ao invés de apenas visualizarmos os resultados do processo de apresentação em execução, ou já concluído, podemos também salvá-los através dos itens de menu *Arquivo* e *Salvar Resultados Como* ou *Salvar Resultados*, se o mesmo já havia sido salvo. Para isso teremos acesso a uma caixa de diálogo, como mostrada na Figura ApII.8, que poderá realizar efetivamente o processo de salvamento dos resultados, criando assim dois arquivos do tipo texto com extensões TXT.

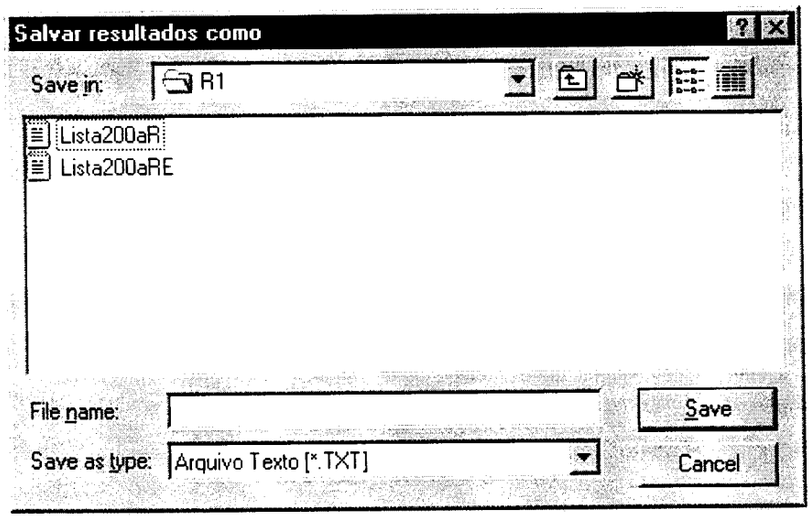


Figura ApII.8: Caixa de diálogo para salvamento dos resultados.

Um dos arquivos é muito parecido com a lista de freqüência, e o outro apresenta uma organização especial, a ser interpretada por um outro software (*Mapeamento de Imagens)* desenvolvido para a análise dos resultados (descrito no Apêndice III).

Na Figura ApII.9 temos uma imagem do arquivo dos resultados, sendo este do tipo do primeiro arquivo comentado. Podemos notar na Figura ApII.9 a presença da coluna denominada "Ângulos", como na Figura ApII.7, possuindo as mesmas características da coluna da Figura ApII.7.

A mensagem da Figura ApII.10 é mostrada na tela quando se deseja iniciar outro processo de apresentação, ou se deseja deixar o software sem que os resultados do processo corrente tenham sido salvos após terem sofrido alguma alteração. Deste modo, o software fornece a opção de salvarmos o processo corrente antes da abertura de outro, ou sairmos do processo, além do cancelamento do comando.

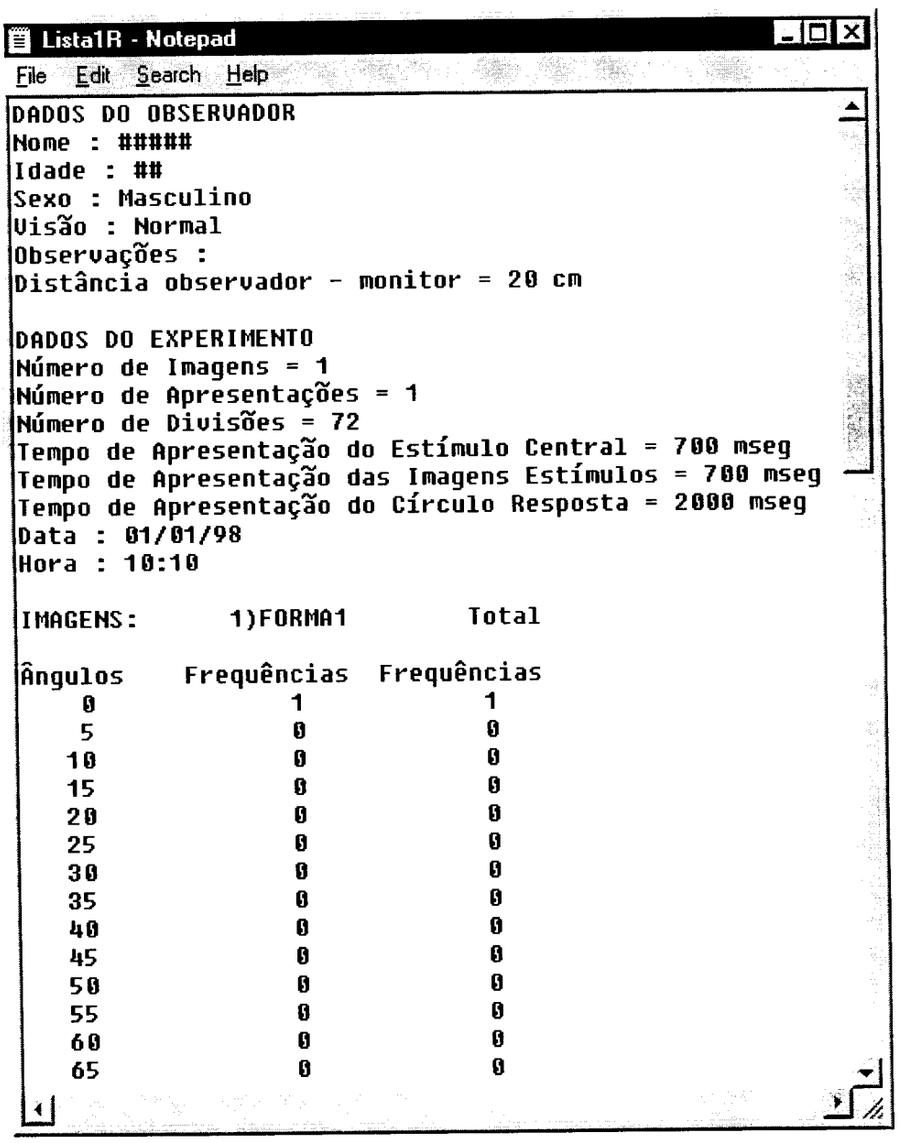


Figura ApII.9: Imagem do arquivo dos resultados salvos, resultante da Figura ApII.7. A coluna denominada "Ângulos" representa o valor do ângulo central da faixa angular, cuja largura é de 5°.

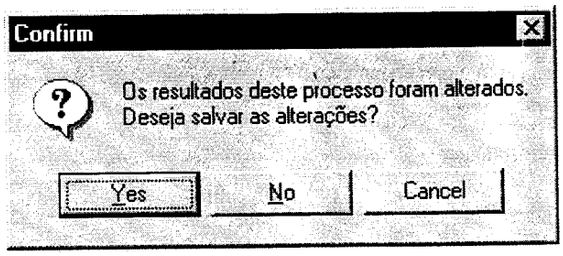


Figura ApII.10: Mensagem visualizada quando se deseja deixar o software ou iniciar um outro processo de apresentação.

5. Dados do Observador

Com a finalidade de obtermos algumas informações a respeito do observador sob teste no experimento psicofísico e armazená-las (como podemos notar através da Figura ApII.9 no campo denominado Dados do Observador), foi criada uma caixa de diálogo como da Figura ApII.11, que pode ser acessada através dos itens de menu *Visualizar*, *Dados* e *Observador*.

Esta caixa de diálogo é de preenchimento opcional, dependendo do comum acordo entre o observador e a pessoa que estiver no comando do experimento psicofísico. Quando esta caixa é preenchida, o campo da Figura ApII.9 denominado Dados do Observador será automaticamente também preenchido, possibilitando assim uma possível classificação dos resultados perante as características dos observadores.

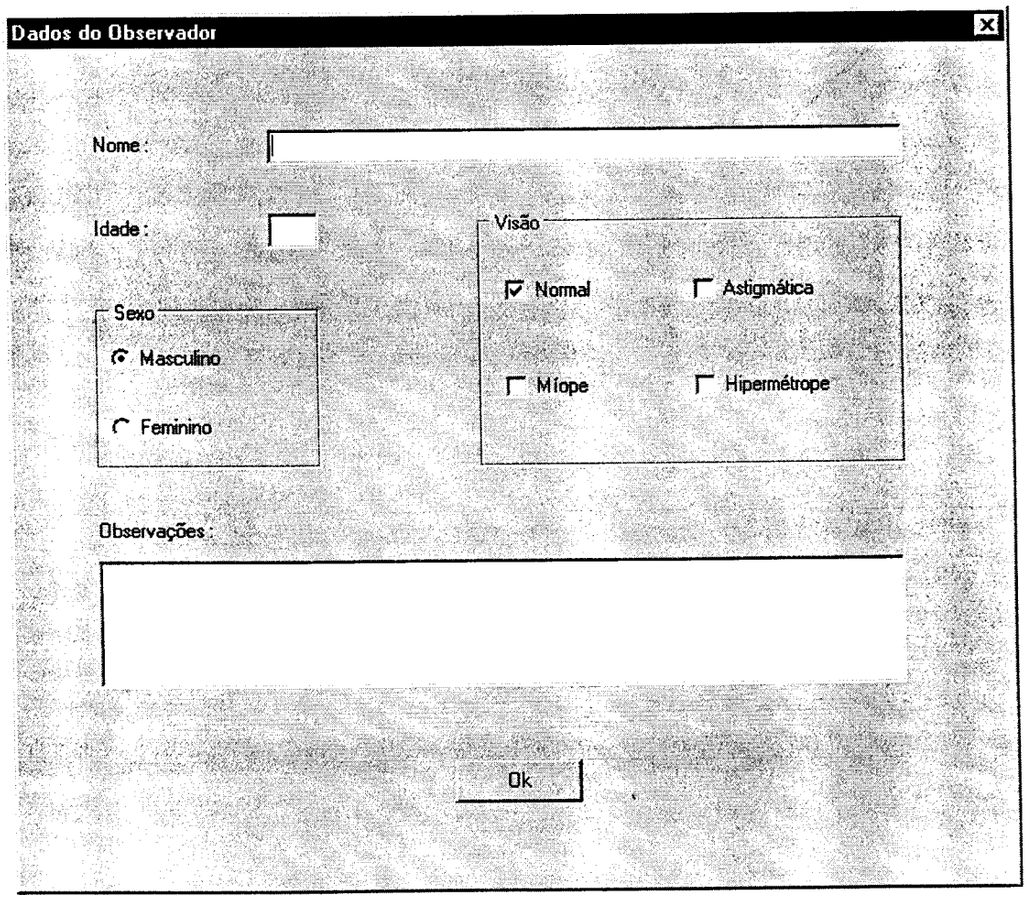


Figura ApII.11: Caixa de diálogo para preenchimento com os dados do observador do experimento.

Apêndice III - Software de Geração dos Histogramas Lineares e Polares

Este apêndice descreve as características do software usado para gerar os dois tipos de histogramas (linear e polar) e visualizar as trajetórias de simulação, para análise dos resultados do experimento psicofísico.

Porém, antes das características do software, vamos descrever como os resultados do experimento psicofísico foram armazenados.

1. Armazenamento dos Resultados do Experimento Psicofísico

Os resultados de cada experimento psicofísico são armazenados na forma de dois arquivos do tipo texto (extensão TXT). Um destes arquivos é de fácil compreensão, pois se apresenta organizado na forma de uma tabela. O outro apresenta uma organização específica para ser interpretado pelo software especialmente desenvolvido, que foi denominado *Mapeamento de Imagens*. Tal organização dos resultados é ilustrada na Figura ApIII.1, para os resultados da apresentação de apenas uma única vez da imagem estímulo FORMA 1.

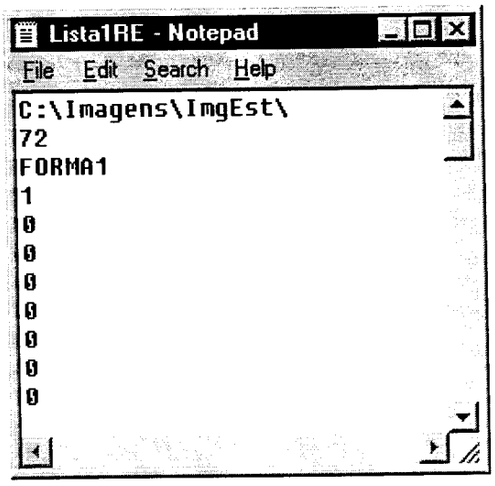


Figura ApIII.1: Arquivo texto dos resultados do experimento psicofísico .

Na Figura ApIII.1 podemos distinguir quatro tipos diferentes de dados a respeito do resultado armazenado neste arquivo, os quais serão interpretados pelo software *Mapeamento de Imagens*.

Na primeira linha deste arquivo temos o "diretório" onde se encontram as imagens estímulos que foram apresentadas ao observador do experimento, cujos resultados já foram armazenados, no caso da Figura ApIII.1: "C:\Imagens\ImgEst\". Na segunda linha temos o número de divisões da grade ortogonal de captação dos resultados no experimento realizado; na Figura ApIII.1 é 72. Já na terceira linha temos o nome da primeira imagem estímulo computada, o qual juntamente com a primeira linha e mais a extensão BMP (bitmap), dará a localização completa da imagem estímulo. As próximas 72 linhas se referem às freqüências de ocorrência dos ângulos centrais que compõem as 72 divisões da grade ortogonal. O número 72 é o número de divisões apresentado na segunda linha do arquivo (ver Figura ApIII.1), e o conceito de ângulo central aqui utilizado é o mesmo descrito na Seção 3.6.

Por exemplo, a primeira das 72 linhas se refere à freqüência de ocorrência do ângulo central de 5°, a segunda, ao ângulo central de 10°, e assim sucessivamente, até atingirmos o ângulo central de 355°. Caso o número de divisões fosse igual a 10, teríamos ao invés de 72, somente 10 linhas, sendo que a primeira estaria relacionada com a freqüência de ocorrência do ângulo central de 36°, a segunda estaria relacionada ao ângulo central de 72°, e assim sucessivamente até atingirmos o ângulo central de 324°, através de passos angulares de 36° cada.

Após a leitura de todas essas linhas, a próxima linha será o nome da segunda imagem estímulo computada, e as linhas seguintes a esta estarão relacionadas com as freqüências de ocorrência dos ângulos centrais desta imagem estímulo, até que o número de linhas seja igual ao número de divisões (retirado da segunda linha do arquivo texto). Este processo é repetido até que o nome da última imagem estímulo seja computado.

No caso do arquivo de resultados da Figura ApIII.1, o processo foi executado uma única vez, pois a Lista de Apresentação do experimento psicofísico resultou numa seqüência que corresponde somente a uma apresentação da imagem estímulo FORMA 1. Logo, haverá uma única seqüência da imagem estímulo FORMA 1 no arquivo de resposta, sendo a freqüência totalizada entre todos ângulos centrais desta imagem igual ao número de vezes que esta imagem é apresentada, ou seja, igual a 1.

2. O software Mapeamento de Imagens

O arquivo de resultados descrito acima, é interpretado pelo software *Mapeamento de Imagens*, que foi implementado na linguagem Delphi e executado em um sistema operacional Windows 95. A tela principal inicial é apresentada na Figura ApIII.2:

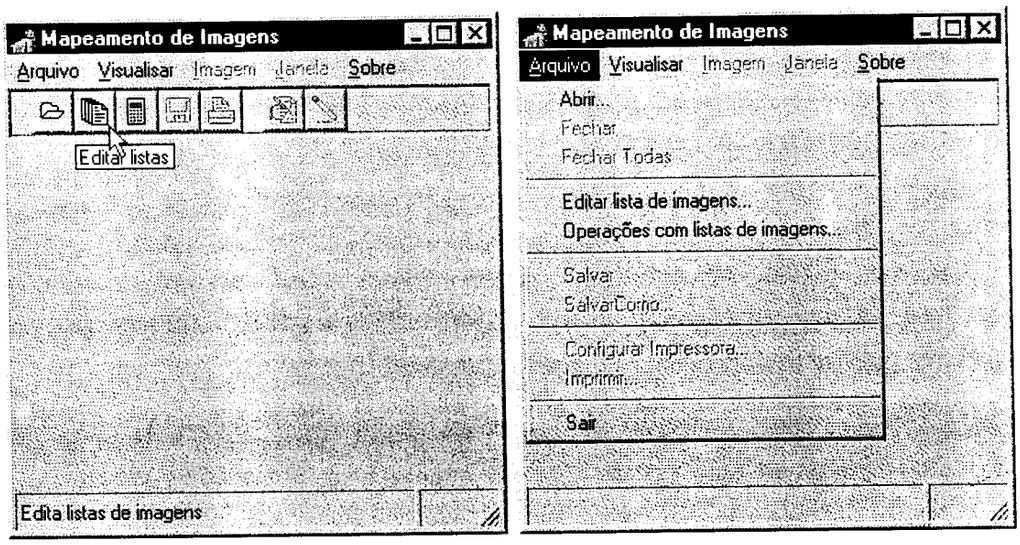


Figura ApIII.2: As duas opções da tela principal inicial do software *Mapeamento de Imagens*.

Através da Figura ApIII.2, podemos notar que o software *Mapeamento de Imagens* possui várias funções. Entretanto, vamos nos restringir somente à descrição das principais. Uma delas permite editar listas de imagens, ou seja, representar o arquivo que contém as respostas do experimento psicofísico através de histogramas lineares e polares, para cada imagem estímulo que compõe tal arquivo.

Esta ação é executada através dos itens de menu *Arquivo* e *Editar lista de imagens* ou através do botão *Editar lista* (ver Figura ApIII.2), que realizam a "abertura" de uma caixa de diálogo como da Figura ApIII.3, a qual realizará a efetiva edição do arquivo de resposta.

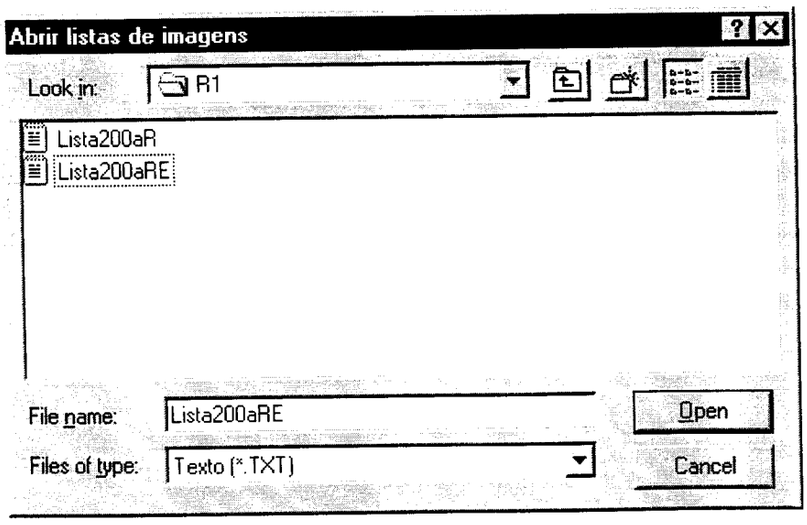


Figura ApIII.3: Caixa de diálogo para escolha de um arquivo de resposta do experimento psicofísico.

Com a lista de imagens de respostas escolhida e o processo iniciado, teremos uma mudança na tela principal do software *Mapeamento de Imagens*, que passa a possuir mais dois novos itens de menu: *Histograma Linear* e *Histograma Polar*, como mostram as Figuras 4a e 4b.

Além disso, para cada imagem estímulo do arquivo de resposta editado, cria-se uma janela com a representação de um histograma linear, um histograma polar e uma área com os dados do histograma linear.

Os itens de menu *Histograma Linear* e *Histograma Polar* e seus subitens são utilizados para editar, respectivamente, o Histograma Linear e o Histograma Polar de cada imagem estímulo do arquivo de resposta, como veremos a seguir.

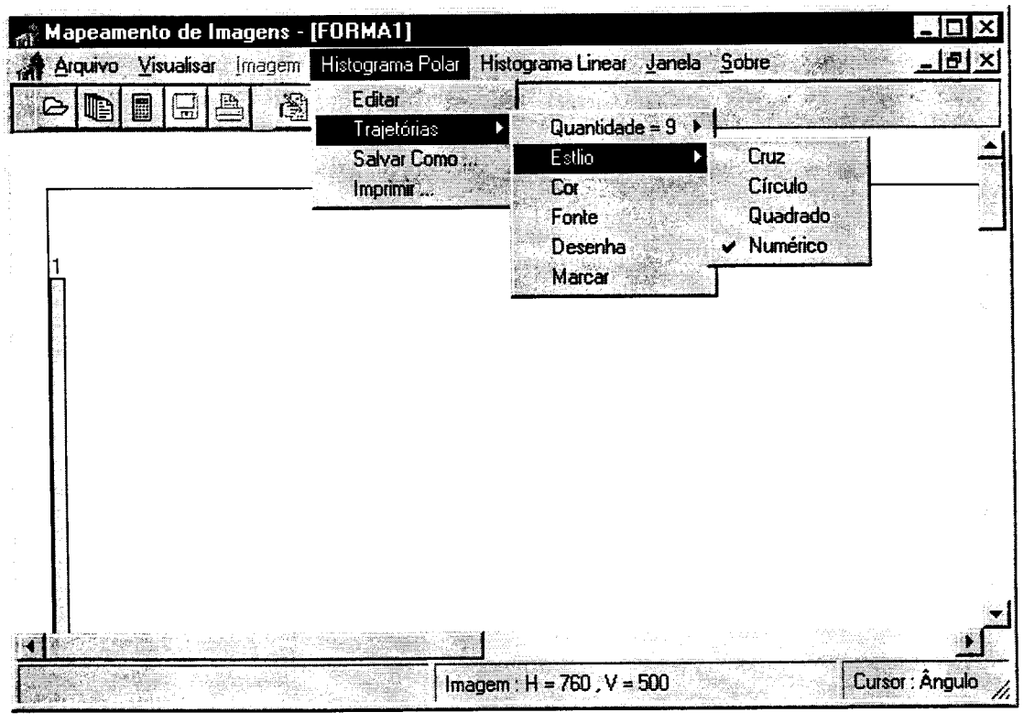


Figura ApIII.4a: Tela principal do software *Mapeamento de Imagens* com os itens *Histograma Polar* e seus subitens, e *Histograma Linear*.

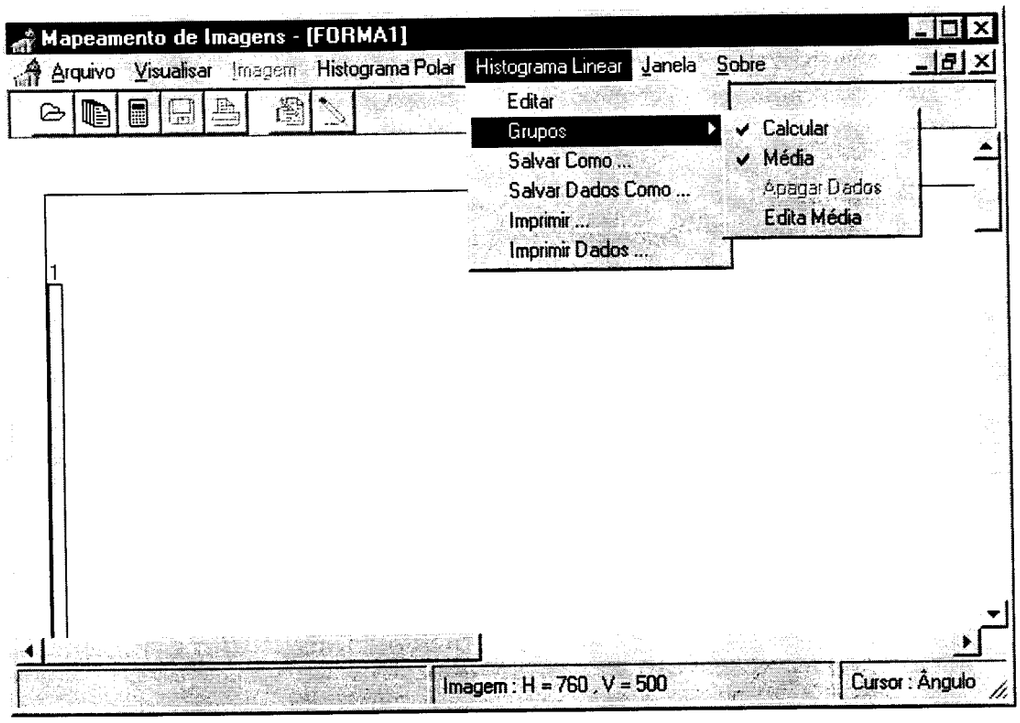


Figura ApIII.4b: Tela principal do software *Mapeamento de Imagens* com os novos itens de menu: *Histograma Polar*, e *Histograma Linear* e seus subitens.

3. O Histograma Linear

Um exemplo de um histograma linear pode ser visto na Figura ApIII.5, o qual foi gerado a partir da imagem FORMA 1 como imagem estímulo.

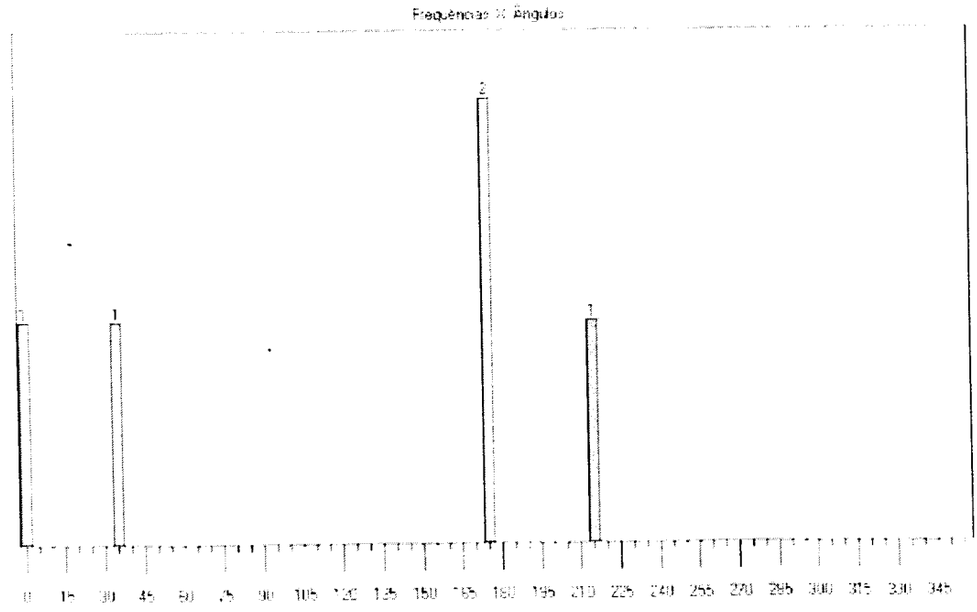


Figura ApIII.5: Histograma linear de FORMA 1.

Este histograma foi editado através de uma caixa de edição como da Figura ApIII.6, a qual pode ser "aberta" através dos itens de menu *Histograma Linear* e *Editar* (ver Figura ApIII.4b).

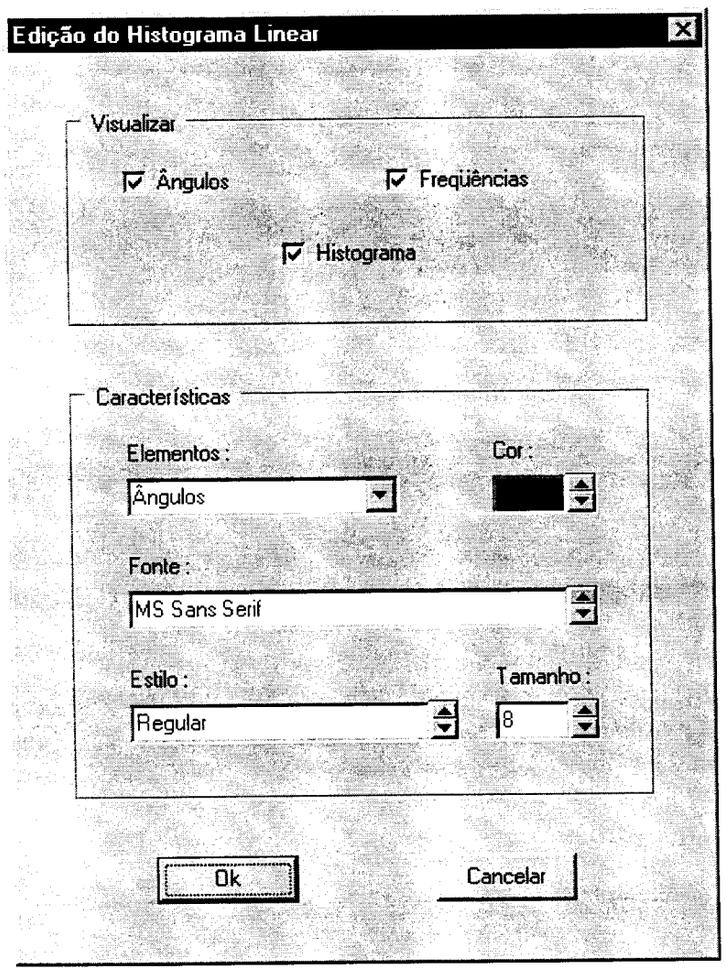


Figura ApIII.6: Caixa de edição do Histograma Linear.

Por meio desta caixa de edição, podemos alterar as características do histograma linear, ou então deixarmos de visualizar alguns elementos como: os ângulos, as freqüências, e até mesmo as barras que compõem o histograma.

O histograma linear pode ser salvo através dos itens de menu *Histograma linear* e *Salvar Como...*, os quais dão acesso a uma caixa de diálogo como da Figura ApIII.7. Esta caixa salva o histograma linear em um arquivo do tipo bitmap, mas com extensão LNR ao invés de BMP.

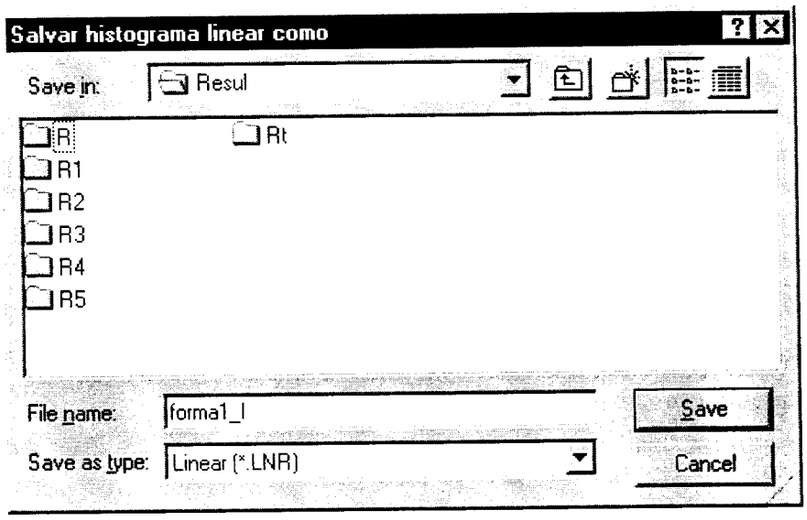


Figura ApIII.7: Caixa de diálogo para salvar o histograma linear.

4. Os Dados do Histograma Linear

Na mesma janela em que se encontra o histograma linear da imagem estímulo editada, há também um campo denominado *Dados do Histograma Linear da Imagem*, o qual apresenta inicialmente somente os dados gerais do histograma linear, como pode-se observar através da Figura ApIII.8.

Os dados gerais compreendem:

– a formação de um grupo geral que vai de 0 a 360 graus, com número de passos dependendo do número de divisões da imagem estímulo editada (no caso da Figura ApIII.8 o passo é de 5°);

– a contagem do número de vezes que a imagem foi apresentada no intervalo do grupo geral, ou seja, o número de apresentações;

– o valor da média do grupo geral;

– o valor do desvio padrão do grupo geral.

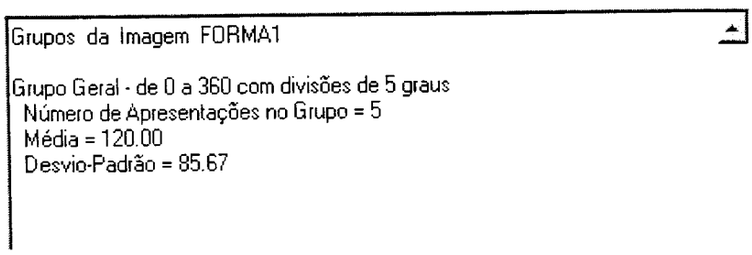


Figura ApIII.8: Campo *Dados do Histograma Linear da Imagem* apresentando os dados gerais iniciais.

A média e o desvio padrão são calculados, respectivamente, através das equações (25) e (26) citadas na Seção 6.1.1.

Além do grupo geral, podem ser computados vários outros grupos. Para isto, devemos selecionar os itens de menu *Histograma Linear*, *Grupos* e *Calcular*, tornando deste modo o item *Calcular* "checado". Para que mais nenhum grupo seja computado, o processo anterior deve ser repetido, tornando assim o item *Calcular* novamente "não checado".

Para que um grupo seja selecionado, deve-se posicionar o cursor do mouse sobre o ângulo que compõe o início desse grupo e pressionar um dos botões do mouse. Em seguida, deve-se posicionar o cursor sobre o ângulo que determina o final do grupo e novamente pressionar um dos botões do mouse. Deste modo, teremos a formação de um grupo com o mesmo tipo de dados do grupo geral, porém de forma reduzida.

Por exemplo, se observarmos o histograma linear da Figura ApIII.5, podemos notar a presença de dois grupos: o primeiro compreendido entre os ângulos de 0° e 35° e o segundo entre os ângulos de 175° e 215°. Computando-se esses dois grupos, o campo *Dados do Histograma Linear da Imagem* será idêntico ao campo apresentado na Figura ApIII.9.

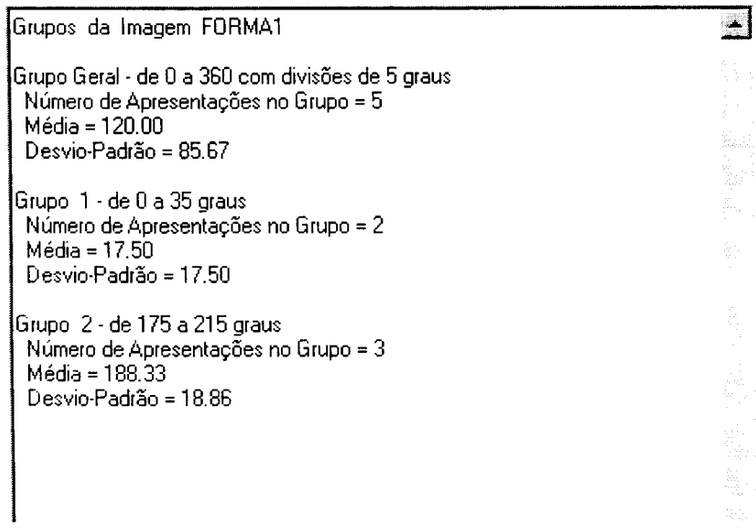


Figura ApIII.9: Campo *Dados do Histograma Linear da Imagem* com os dados do três grupos principais.

As médias dos grupos selecionados podem ser também visualizadas no histograma linear da imagem através dos itens de menu *Histograma Linear*, *Grupos* e *Média*. Logo, se os itens acima forem novamente acionados, o item *Média* torna-se não "checado" e as médias dos novos grupos selecionados não serão visualizadas. Um exemplo da visualização das médias dos grupos selecionados é mostrado na Figura ApIII.10.

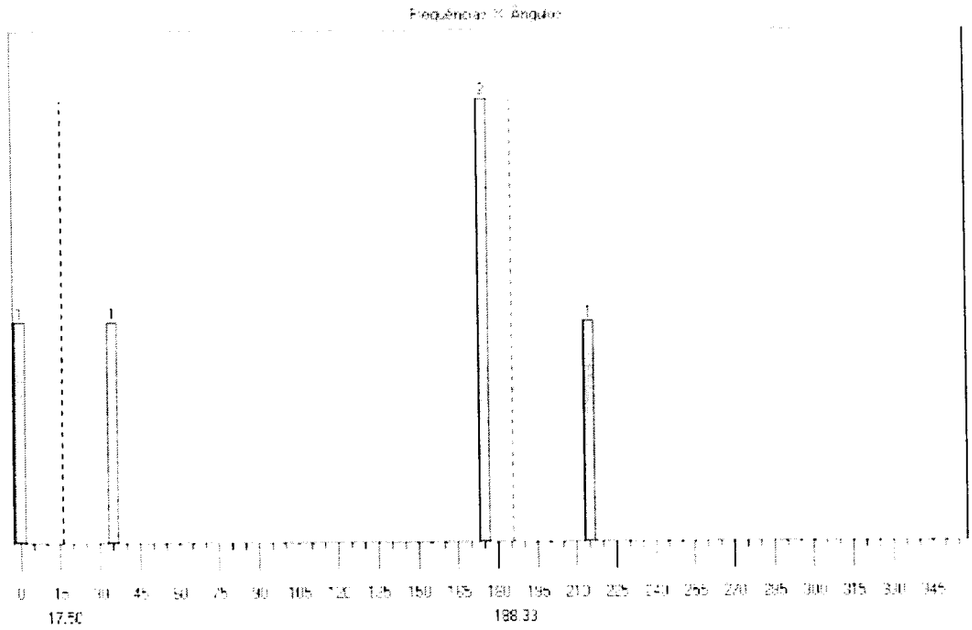


Figura ApIII.10: Histograma linear de FORMA 1 idêntico ao da Figura ApIII.5, mas com visualização das médias dos grupos selecionados.

Outro comando principal com relação ao histograma linear é obtido através dos itens de menu *Histograma Linear* e *Salvar Dados Como...*, o qual efetua a "abertura" de uma caixa de diálogo como da Figura ApIII.11, sendo esta responsável por salvar o conteúdo do campo *Dados do Histograma da Imagem*. Esta caixa salva os dados do histograma em um arquivo do tipo texto, porém com extensão DAD ao invés de TXT como geralmente utilizada.

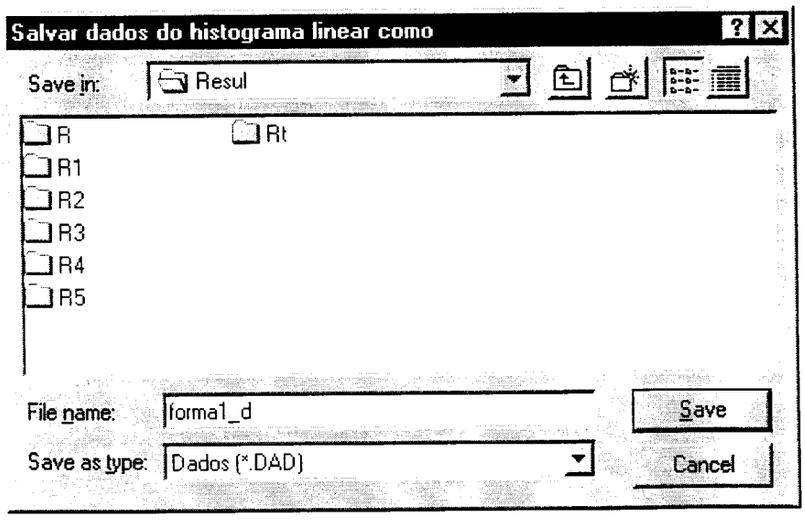


Figura ApIII.11: Caixa de diálogo para salvar o campo *Dados do Histograma Linear da Imagem*.

5. O Histograma Polar

Na Figura ApIII.15 temos o exemplo de um histograma polar referente ao histograma linear da Figura ApIII.5.

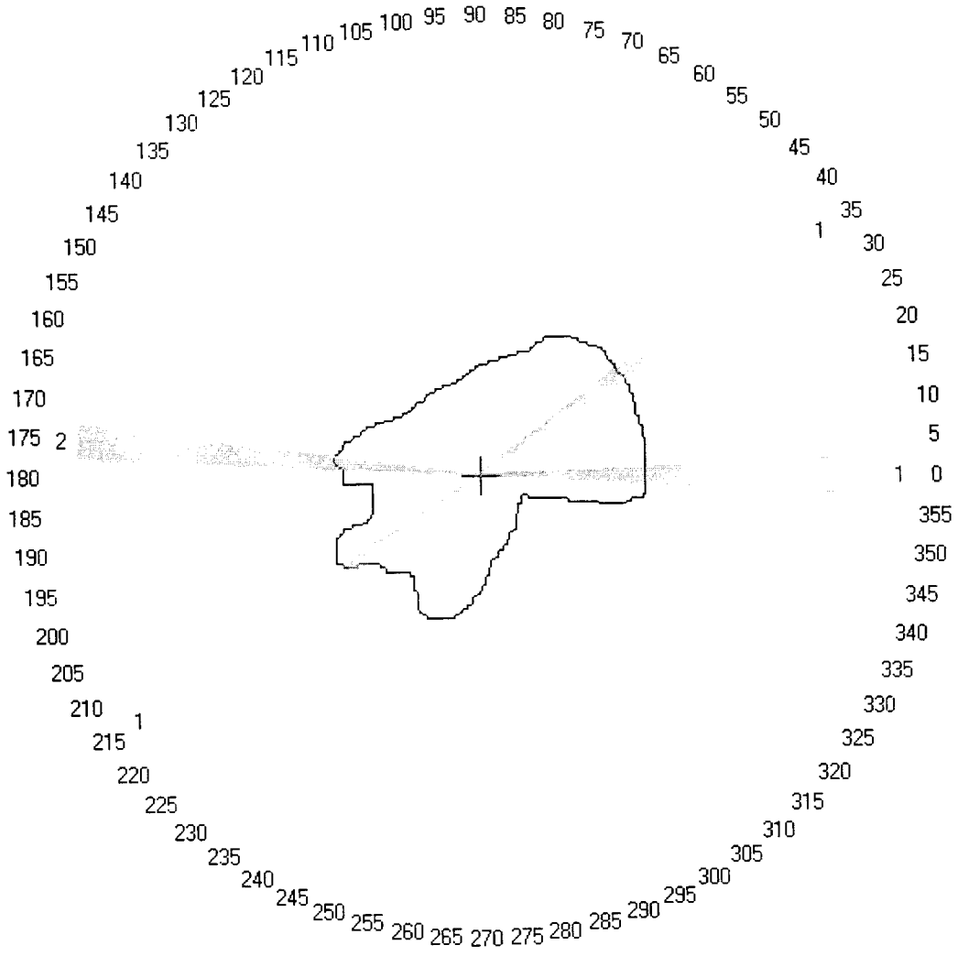


Figura ApIII.12: Histograma Polar da FORMA 1 representando o mesmo arquivo de resultados que o Histograma Linear da Figura ApIII.5.

O histograma polar pode ser também editado através do itens de menu *Histograma Polar* e *Editar*, que realiza a "abertura" de uma caixa de edição como a mostrada na Figura ApIII.13 (observar Figura ApIII.4a). Por meio desta caixa podemos alterar as características do histograma polar, do mesmo modo que a caixa de edição do histograma linear.

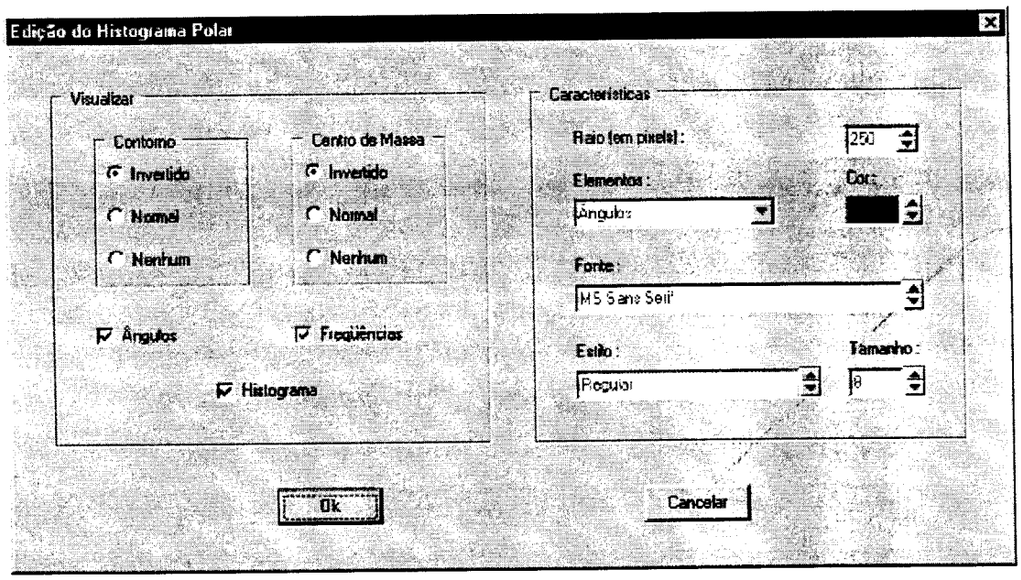


Figura ApIII.13: Caixa de edição do Histograma Polar.

Como no histograma linear, o histograma polar pode também ser salvo pelo itens de menu *Histograma Polar* e *Salvar Como...*, que dão acesso a uma caixa de diálogo como a da Figura ApIII.14. Esta caixa permite salvar o histograma como um arquivo bitmap com extensão PLR, ao invés de BMP.

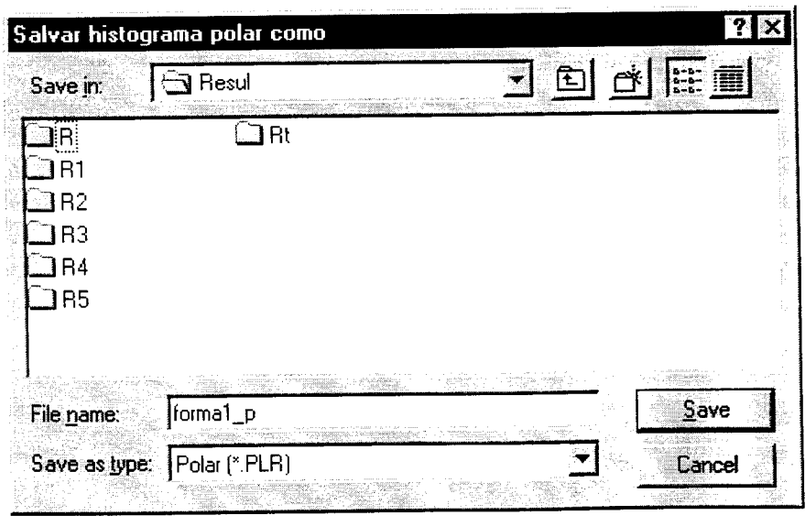


Figura ApIII.14: Caixa de diálogo para salvar o Histograma Polar.

Um outro comando importante com relação ao histograma polar permite desenhar, sobre o histograma em questão, trajetórias resultantes do processo de simulação.

Estas trajetórias apresentam-se armazenadas em arquivos textos com extensões TRJ, os quais são convertidos em trajetórias visuais, ou seja, são desenhados como um caminho que parte do centro de massa e atinge uma determinada região da imagem estímulo que compõe o histograma polar.

A conversão acima é realizada através dos itens de menu *Histograma Polar*, *Trajetórias* e *Desenha*, que faz a "abertura" de uma caixa de diálogo como da Figura ApIII.15, permitindo realizar a escolha de uma trajetória e a conversão efetivamente.

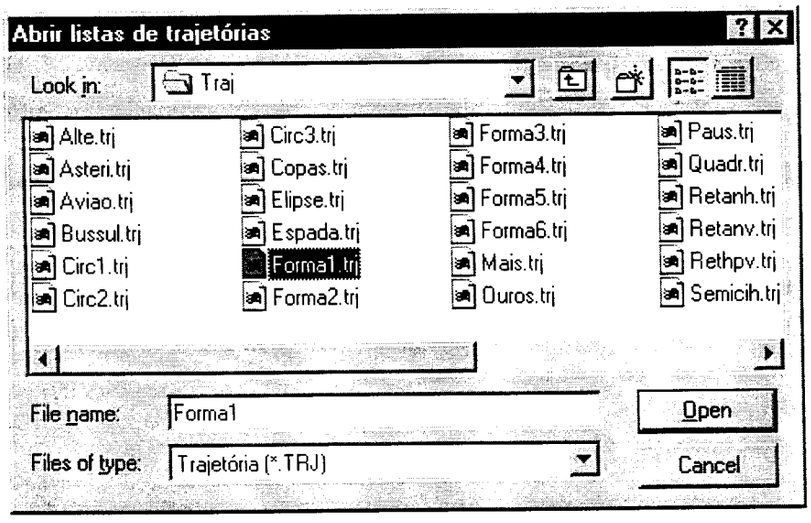


Figura ApIII.15: Caixa de Diálogo para escolha da trajetória.

Um exemplo de um histograma polar com o desenho de uma trajetória é mostrado na Figura ApIII.16, sendo este o mesmo histograma polar mostrado anteriormente na Figura ApIII.12. Nesta Figura ApIII.a trajetória apresenta-se como um caminho que se origina no centro de massa da imagem estímulo e é denominado como *T1*.

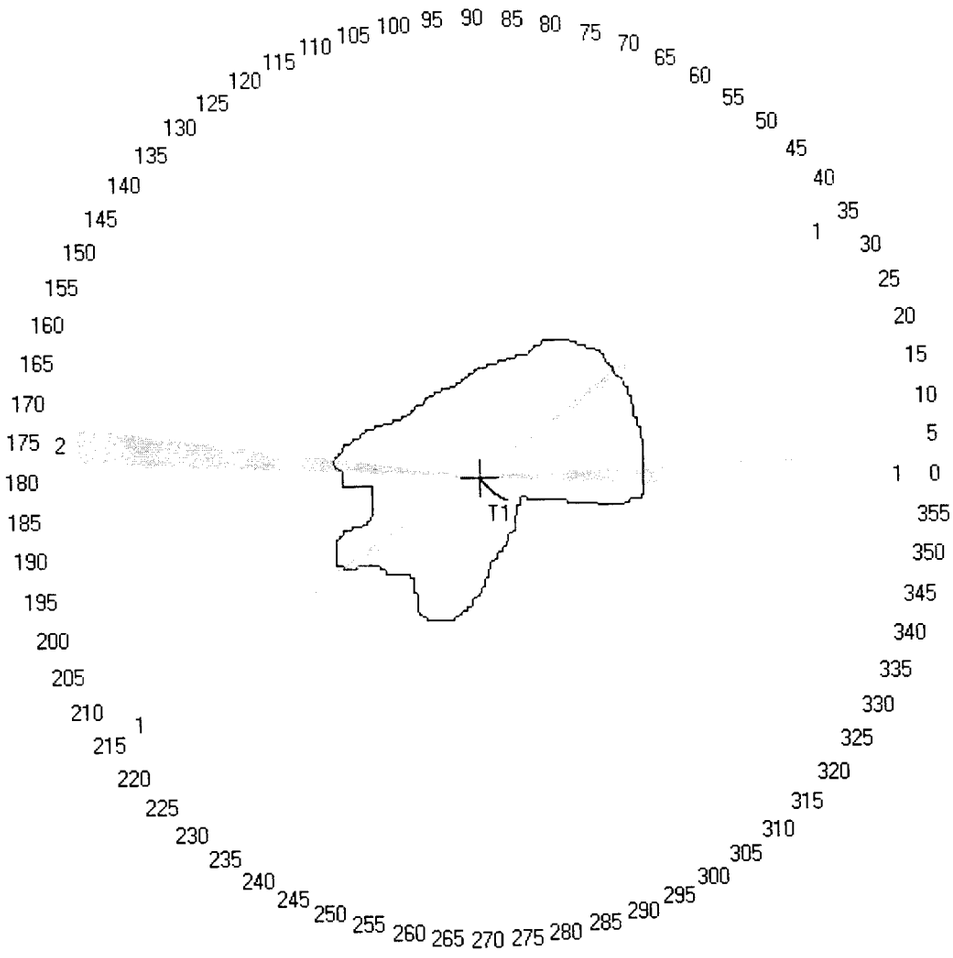


Figura ApIII.16: Histograma Polar da Figura ApIII.12, mas com a representação de uma trajetória (*T1*).

Apêndice IV - O Processo de Convolução

Antes de entrarmos em detalhes sobre o processo de convolução, devemos fazer algumas considerações a respeito de uma imagem (Gonzalez & Wintz, 1987; Levine, 1985; Mascarenhas & Velasco, 1989; Pratt, 1991 e Schalkoff, 1989), sendo estas válidas tanto para imagens representadas somente por níveis de cinza como para imagens representadas somente por cores.

Toda imagem, como descrito anteriormente, pode ser representada através de pequenos elementos denominados *pixels*, sendo que em toda área compreendida por um pixel não há mudança no nível de cinza ou cor. Assim, uma imagem é formada por uma grade de pixels que se apresentam "ao nossos olhos" (dependendo da resolução) como uma imagem contínua, e não discretizada em pixels como é realmente.

Através desta definição de imagem, pode-se gerar uma "matriz imagem", ou seja, uma matriz que possui uma correspondência entre seus elementos e os pixels da imagem que ela representa. Por exemplo, o valor do elemento da "matriz imagem" de posição (1,2), ou seja, primeira linha e segunda coluna, representará o nível de cinza ou cor correspondente ao pixel de posição (1,2) da grade de pixels. Isto pode ser melhor entendido através da Figura ApIV.1, onde temos a representação de uma imagem em níveis de cinza de dimensão 10 x 10 pixels, e através da Figura ApIV.2, que representa a "matriz imagem" da Figura ApIV.1.

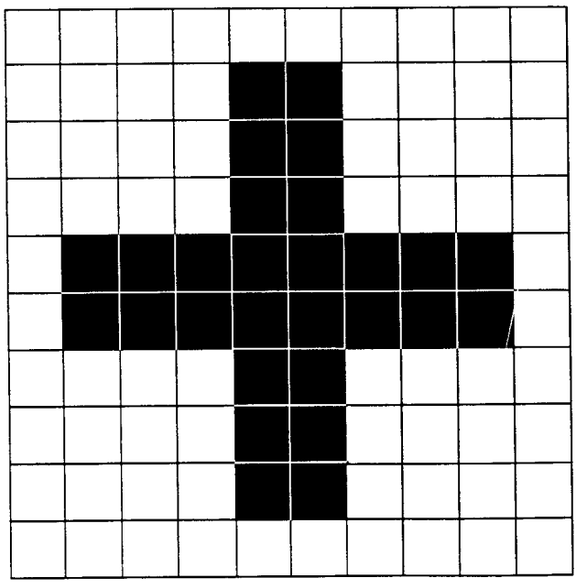


Figura ApIV.1: Imagem em níveis de cinza de dimensão 10 x 10 pixels.

255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
255	255	255	255	0	0	255	255	255	255
255	255	255	255	0	0	255	255	255	255
255	255	255	255	0	0	255	255	255	255
255	0	0	0	0	0	0	0	0	255
255	0	0	0	0	0	0	0	0	255
255	255	255	255	0	0	255	255	255	255
255	255	255	255	0	0	255	255	255	255
255	255	255	255	0	0	255	255	255	255
255	255	255	255	255	255	255	255	255	255

Figura ApIV.2: Representação da imagem da Figura ApIV.1 em uma "matriz imagem". Os pixels de cor branca são representados pelo valor 255, e os de cor preta pelo valor zero.

Seja $I(x,y)$ a "matriz imagem", onde x e y são as coordenadas correspondentes a uma determinada linha e coluna. O processo de convolução (Brigham, 1974; Gonzalez & Wintz, 1987; Levine, 1985; Mascarenhas & Velasco, 1989; Pratt, 1991 e Schalkoff, 1989) para o caso contínuo entre uma imagem e uma função qualquer $F(x,y)$ é dado pela equação (ApIV.1):

$$IF(x,y) = I(x,y) ** F(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} I(\alpha,\beta)\ F(x-\alpha, y-\beta)\quad d\alpha\, d\beta\,; \quad \text{(ApIV.1)}$$

sendo $IF(x,y)$ a matriz resultante do processo de convolução em duas dimensões.

Apêndice V - As Componentes Vetoriais do Campo Resultante das Cargas q_i

Neste apêndice são deduzidas as equações (8) e (9), da Seção 4.3, as quais descrevem as componentes vetoriais do campo resultante das cargas q_i sobre um ponto de fixação visual simulado de coordenadas x e y.

Se tomarmos o campo individual de uma única carga q_i , como podemos notar através da Figura ApV.1, temos:

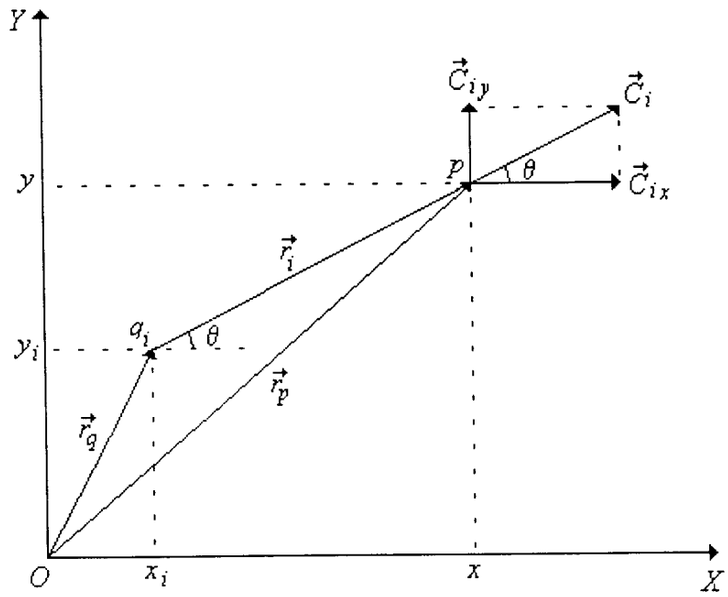


Figura ApV.1: Representação gráfica do campo vetorial de uma única carga q_i.

A equação que fornece o valor do campo vetorial de uma carga q_i (q_i pode ser tanto positiva como negativa) sobre o ponto p, ou seja, $\vec{C}_i$, pode ser decomposta na suas componentes vetoriais x e y:

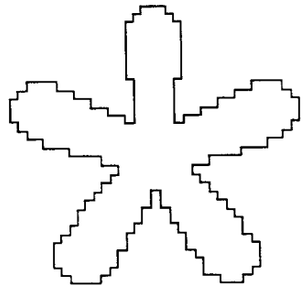
$$\vec{C}_i = \frac{K q_i}{r_i^{\alpha}} \hat{r}_i = C_{ix}\,\hat{\imath} + C_{iy}\,\hat{\jmath} \ .$$

Mas, de acordo com a Figura ApV.1, temos no ponto p :

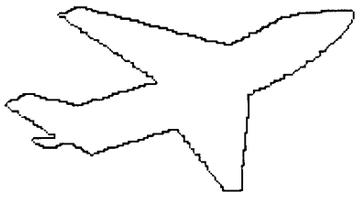
Apêndice VI - Imagens Estímulos do Experimento Psicofísico

Este apêndice apresenta as imagens estímulos utilizadas no experimento psicofísico descrito no Capítulo 3. As imagens aqui apresentadas estão em escala 1:1 com os seus respectivos tamanhos normais (201 x 201 pixels), porém com suas cores invertidas, ou seja, fundo branco e contorno preto.

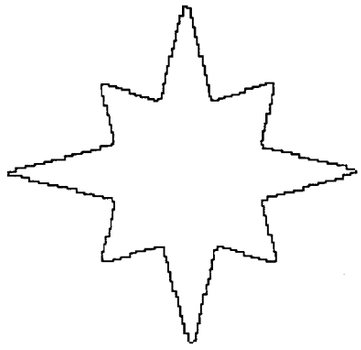
Alte



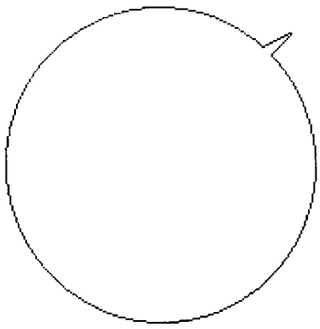
Asteri



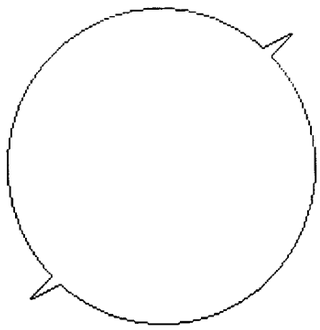
Avião



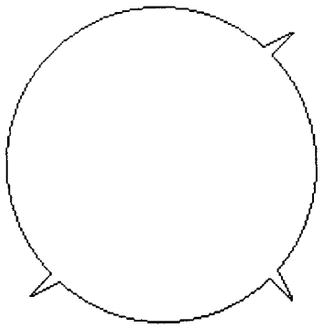
Bussul



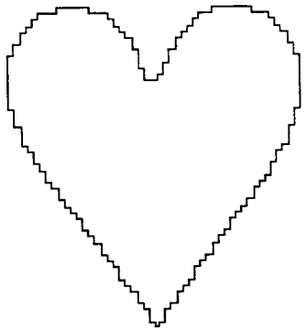
Circ1



Circ2

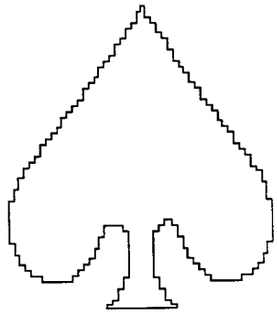


Circ3

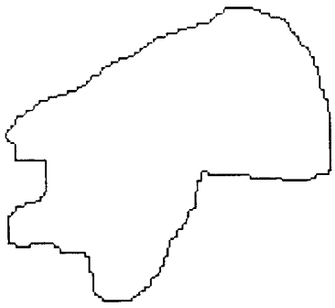


Copas

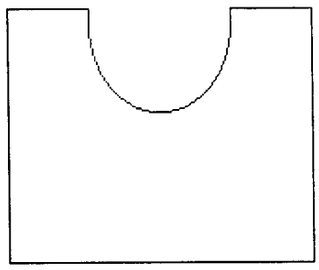
Elipse



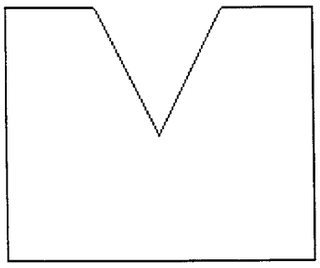
Espada



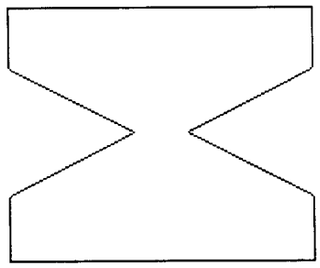
Forma 1



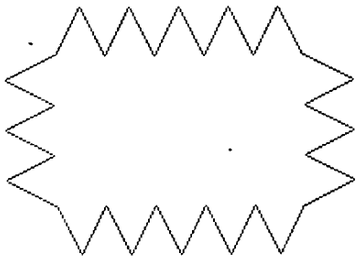
Forma 2



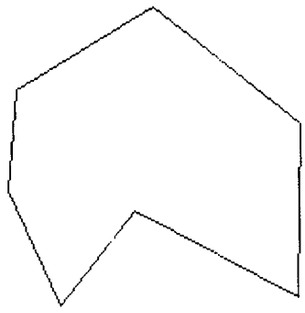
Forma 3



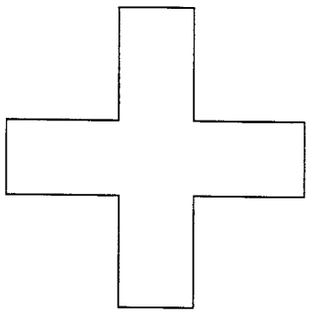
Forma 4



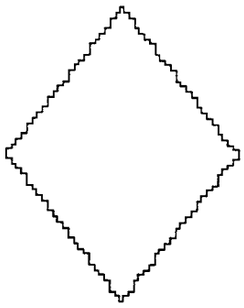
Forma 5



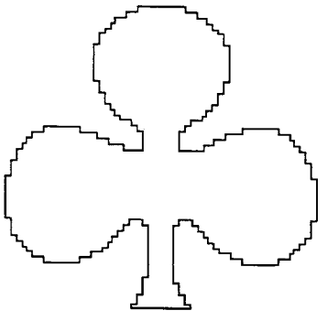
Forma 6



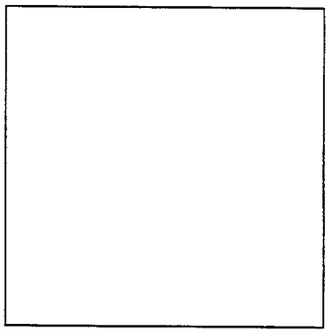
Mais



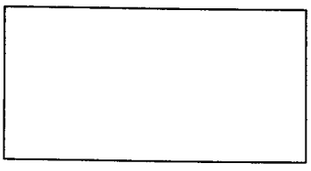
Ouros



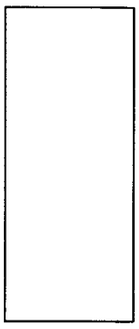
Paus



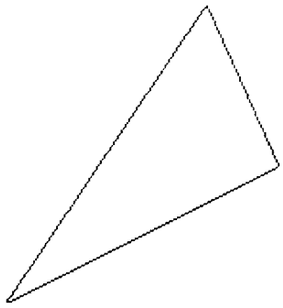
Quadr



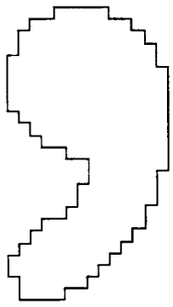
Retanh



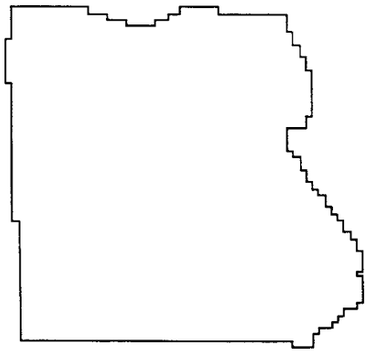
Retanv



Triesc

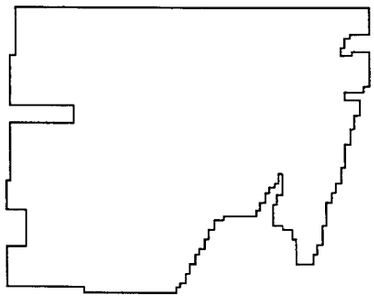


Virg

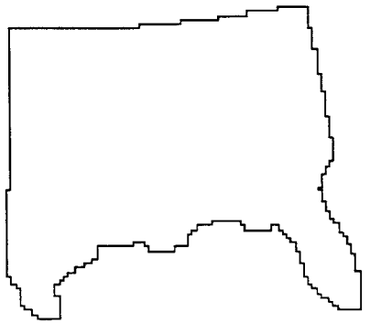


Forma A

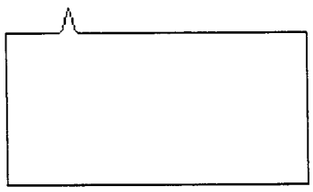
Forma B



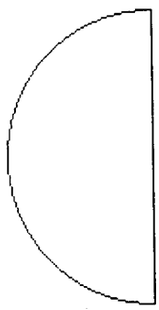
Forma C



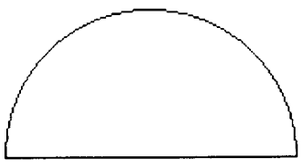
Forma D



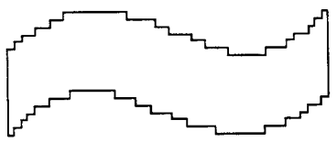
Rethpv



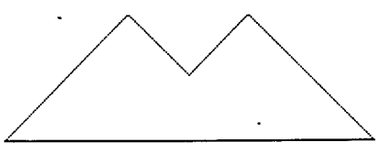
Semicih



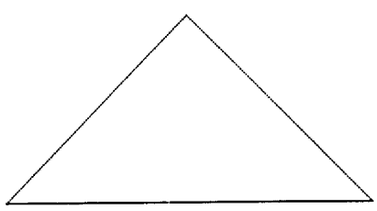
Semiciv



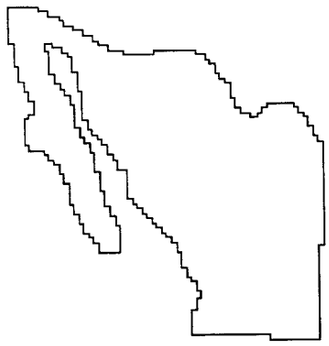
Til



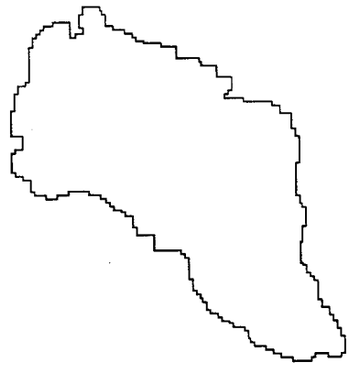
Tridup



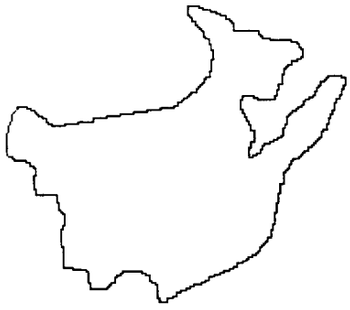
Triequi



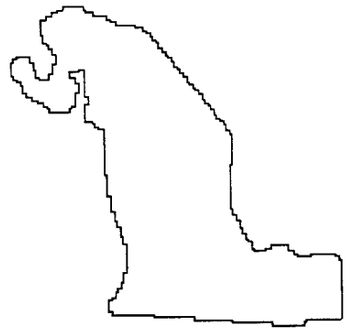
Forma E



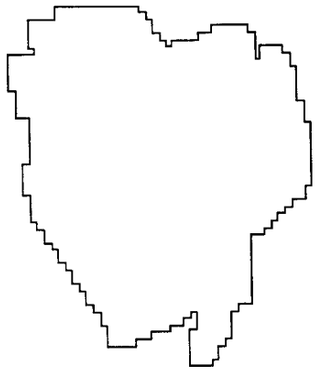
Forma F



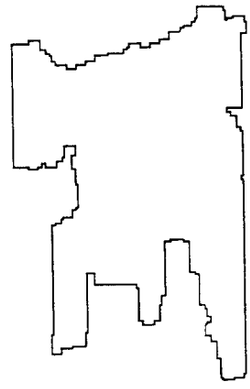
Forma G



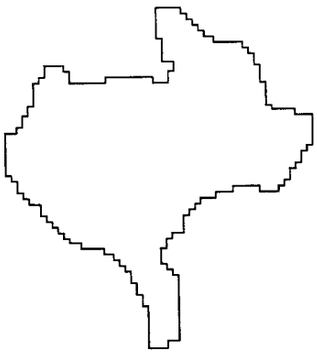
Forma H



Forma I

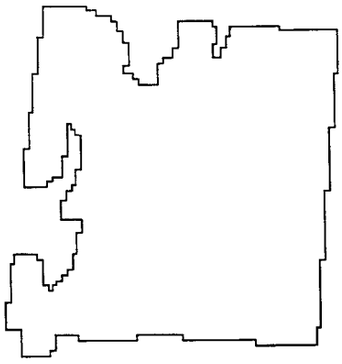


Forma J

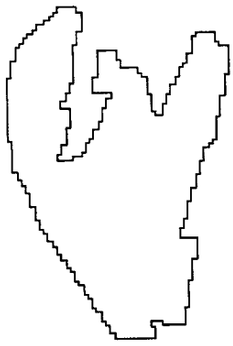


Forma K

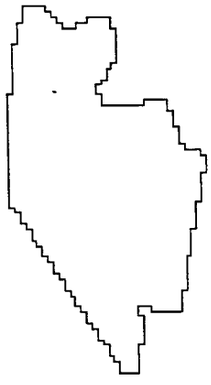
Forma L



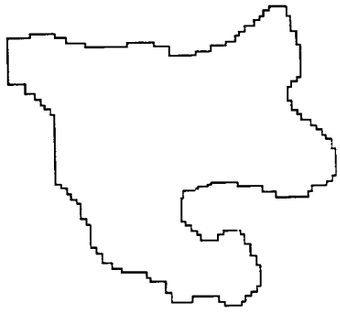
Forma M



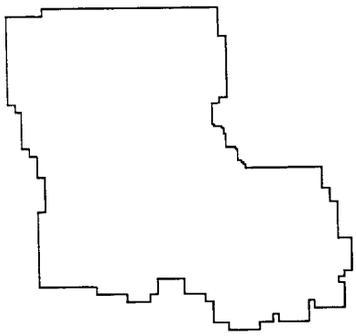
Forma N



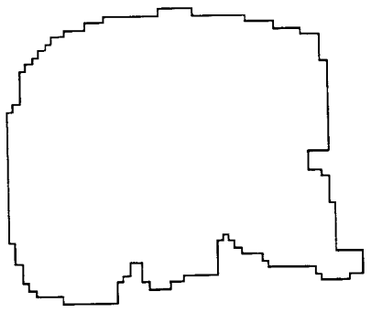
Forma O



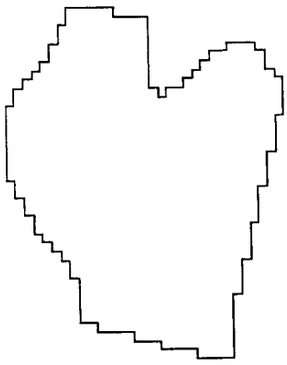
Forma P



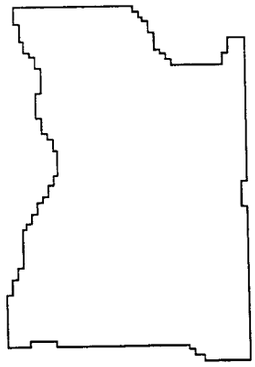
Forma Q



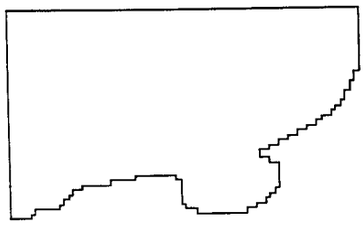
Forma R



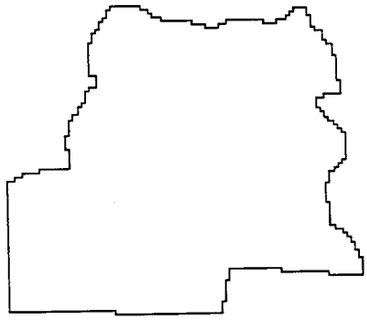
Forma S



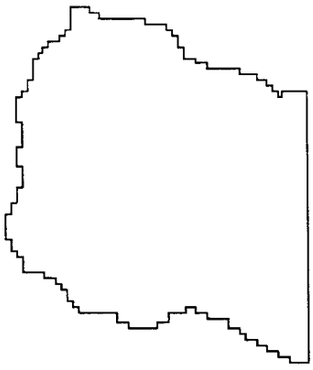
Forma T



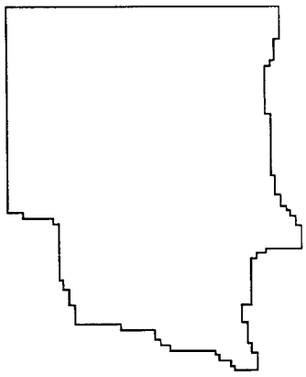
Forma U



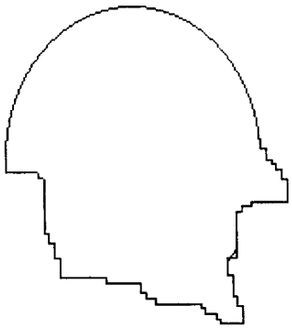
Forma V



Forma X



Forma Y



Forma Z

Apêndice VII - Os Histogramas Polares

Este apêndice apresenta os histogramas polares das 55 imagens estímulos utilizadas no experimento psicofísico descritos no Capítulo 3 e ainda o histograma polar da imagem estímulo NULA.

Além dos histogramas, este apêndice apresenta também os dados relacionados com os grupos selecionados de cada histograma, bem como as direções ou ângulos obtidos de cada uma da simulações do modelo da percepção de saliências descrito no Capítulo 4 para cada imagem estímulo e o erro entre estas simulações e o primeiro dos grupos selecionados de cada uma das imagens estímulos. As trajetórias das simulações e suas respectivas direções podem ser compreendidas nos histogramas polares através dos números de 1 a 9 situados externamente ao círculo dos ângulos centrais de cada célula que compõem o histograma polar e através da Tabela ApVII.1.

São também apresentados os resultados do modelo da percepção de saliências descrito no Capítulo 5, ou seja, as direções dos pontos onde temos o valor máximo da entropia da curvatura e o erro entre tais direções e o primeiro dos grupos selecionados de cada uma das imagens estímulos. Isto pode ser compreendido nos histogramas polares através da Tabela ApVII.2.

Tabela ApVII.1: Características das simulações do Modelo do Capítulo 4.

Simulações	Alfa (α)	Sigma (σ)
1	0.5	1
2	0.5	2
3	0.5	4
4	1	1
5	1	2
6	1	4
7	2	1
8	2	2
9	2	4

Tabela ApVII.2: Entropia da curvatura do Modelo do Capítulo 5.

Símbolos	Valor da variável W
E1	$0.2\,P_e$
E2	$0.1\,P_e$
E3	$0.05\,P_e$

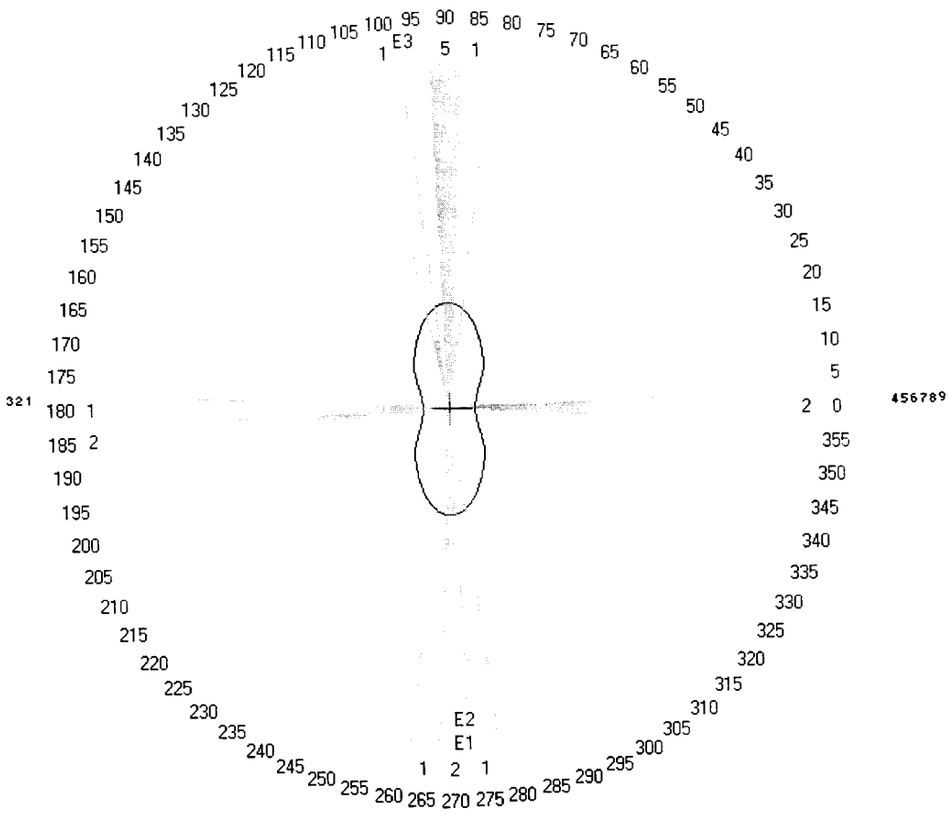


Figura ApVII.1: Histograma Polar da imagem estímulo ALTE.

Tabela ApVII.3: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo ALTE.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	178. 9	178. 9	179. 1	0. 7	0. 7	0. 485	0. 52	0. 491	0. 6
Erros (graus)	88. 19	88. 19	88. 39	90. 01	90. 01	90. 23	90. 19	90. 22	90. 11

Tabela ApVII.4: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo ALTE.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	271. 7	271 .7	96. 9
Erros (graus)	179. 0	179. 0	6. 2

Tabela ApVII.5: Grupos da imagem estímulo ALTE.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	85 - 100	265 - 275	180 - 185	0 - 0
N.A.	16	7	4	3	2
μ (graus)	141. 56	90. 71	270	183. 33	0
σ_g (graus)	90	4. 16	3. 54	2. 36	0

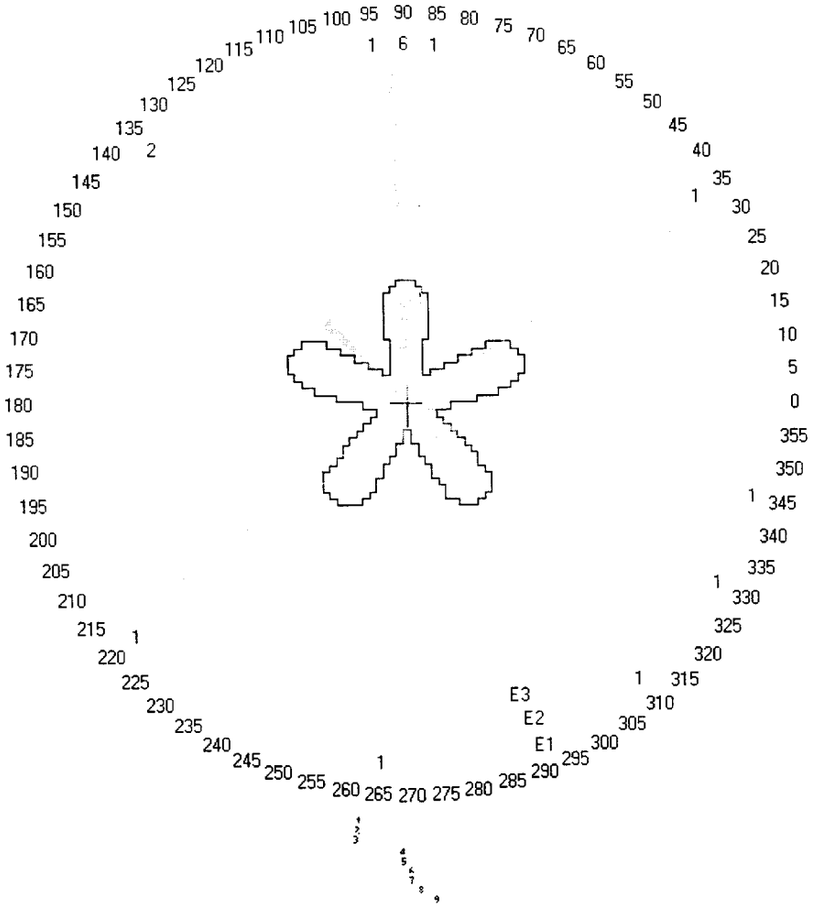


Figura ApVII.2: Histograma Polar da imagem estímulo ASTERI.

Tabela ApVII.6: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo ASTERI.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	262. 9	262. 8	262. 6	268. 8	269	270	270	271. 2	272. 8
Erros (graus)	172. 9	172. 8	172. 6	172. 8	179	180	180	178. 8	177. 2

Tabela ApVII.7: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo ASTERI.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	291. 5	291. 5	290. 7
Erros (graus)	158. 5	158. 5	159. 3

Tabela ApVII.8: Grupos da imagem estímulo ASTERI.

Grupos	Geral	1	2	3
Faixa (graus)	0 - 360	85 - 95	310 - 345	135 - 135
N.A.	16	8	3	2
μ (graus)	155. 94	90	328. 33	135
σ_e (graus)	98. 78	2. 5	14. 34	0

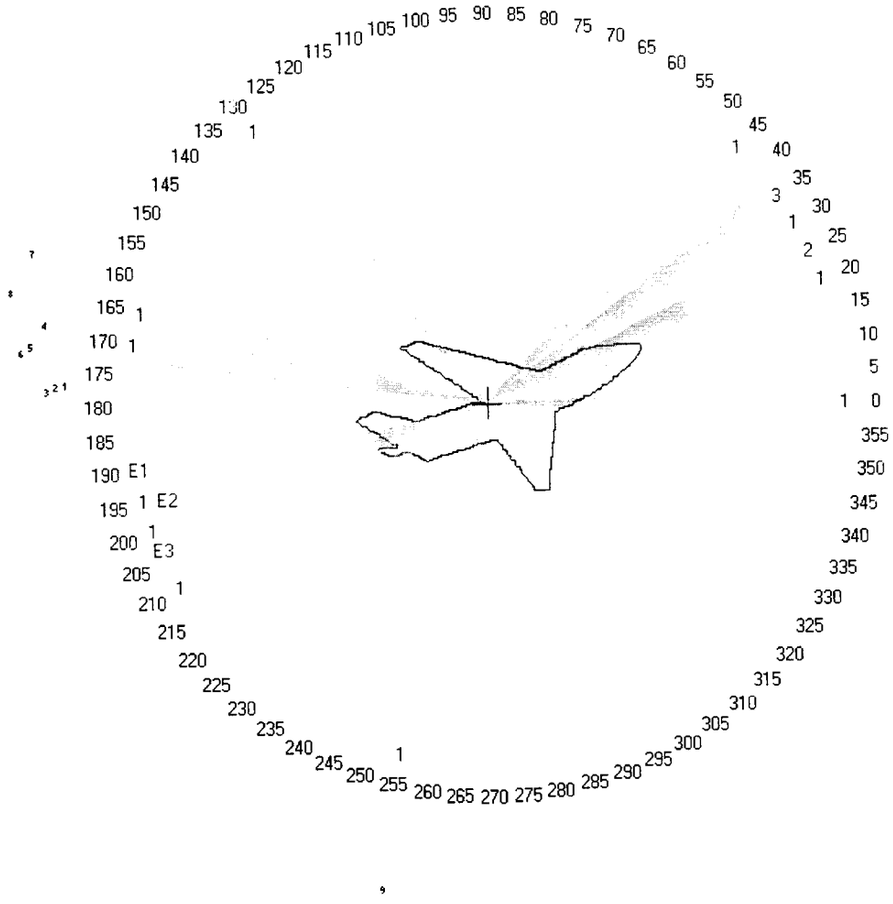


Figura ApVII.3: Histograma Polar da imagem estímulo AVIÃO.

Tabela ApVII.9: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo AVIÃO.

Simulações	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Direções (graus)	177. 5	177. 6	178. 5	169. 7	172. 9	173. 6	161. 5	166. 7	256. 8
Erros (graus)	146. 25	146. 35	147. 25	138. 45	141. 65	111. 11	130. 25	135. 45	134. 45

Tabela ApVII.10: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo AVIÃO.

Valor da Variável W	**0. 2 P_e (E1)**	**0. 1 P_e (E2)**	**0. 05 P_e (E3)**
Direções (graus)	190. 0	195. 9	203. 4
Erros (graus)	158. 8	164. 7	172. 2

Tabela ApVII.11: Grupos da imagem estímulo AVIÃO.

Grupos	**Geral**	**1**	**2**	**3**	**4**
Faixa (graus)	0 - 360	20 - 45	165 - 210	195 - 210	165 - 170
N.A.	16	8	5	3	2
μ (graus)	98. 44	31. 25	188	201. 67	167. 5
σ_e (graus)	84. 18	7. 4	17. 49	6. 24	2. 5

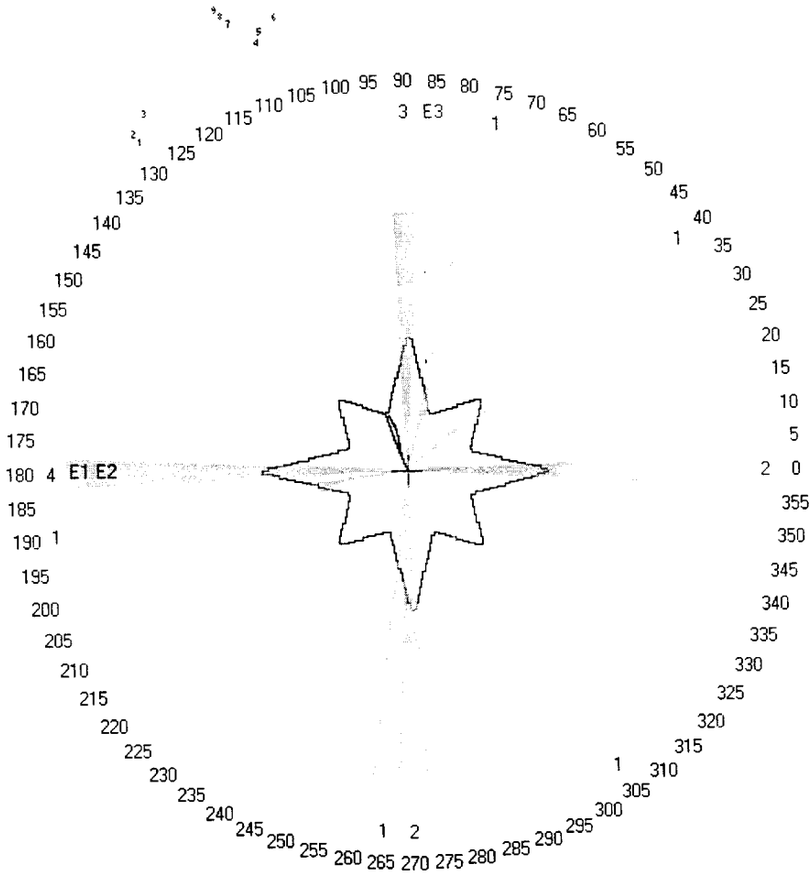


Figura ApVII.4: Histograma Polar da imagem estímulo BUSSUL.

Tabela ApVII.12: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo BUSSUL.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	128. 8	128. 8	126. 1	108. 8	108	105. 7	111. 2	111. 8	112. 2
Erros (graus)	53. 2	53. 2	55. 9	73. 2	74	76. 3	70. 8	70. 2	69. 8

Tabela ApVII.13: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo BUSSUL.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	179. 4	179. 4	85. 4
Erros (graus)	2. 6	2. 6	96. 6

Tabela ApVII.14: Grupos da imagem estímulo BUSSUL.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	180 - 190	75 - 90	265 - 270	0 - 0
N.A.	16	5	4	3	2
μ (graus)	150. 31	182	86. 25	268. 33	0
σ_g (graus)	95. 12	4	6. 5	2. 36	0

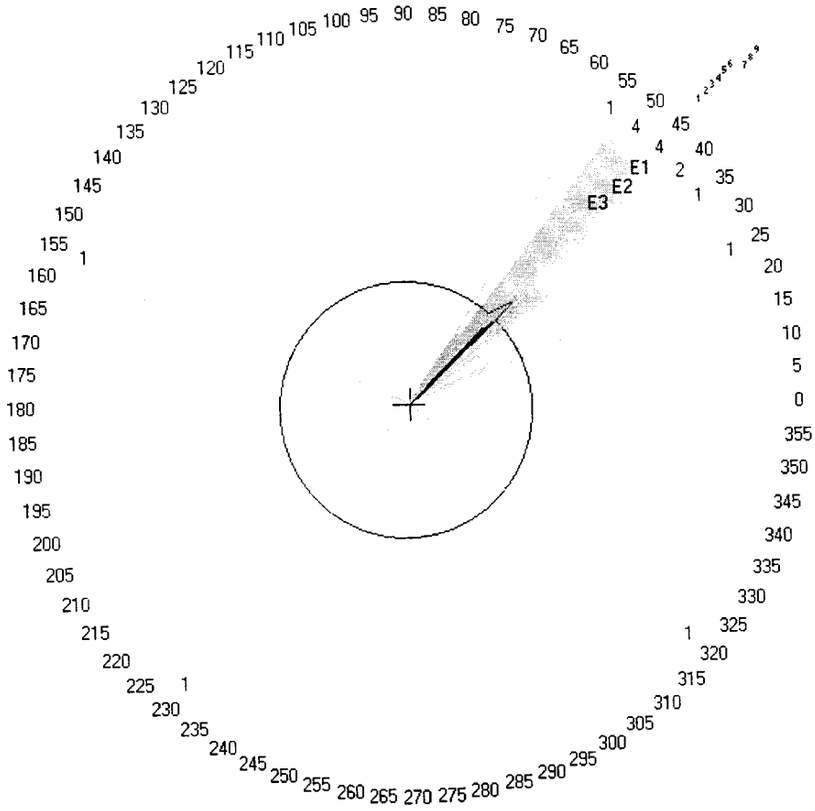


Figura ApVII.5: Histograma Polar da imagem estímulo CIRC1.

Tabela ApVII.18: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo CIRC1.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	45. 2	45. 2	45. 2	45. 1	45. 3	45. 2	43.9	44. 1	44. 3
Erros (graus)	0. 97	0. 97	0. 97	0. 87	1. 07	0. 97	0. 33	0. 13	0. 07

Tabela ApVII.19: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo CIRC1.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	45. 0	45. 0	46. 9
Erros (graus)	0. 8	0. 8	2. 7

Tabela ApVII.20: Grupos da imagem estímulo CIRC1.

Grupos	Geral	1
Faixa (graus)	0 - 360	25 - 55
N.A.	16	13
μ (graus)	80	44. 23
σ_e (graus)	80. 27	7. 56

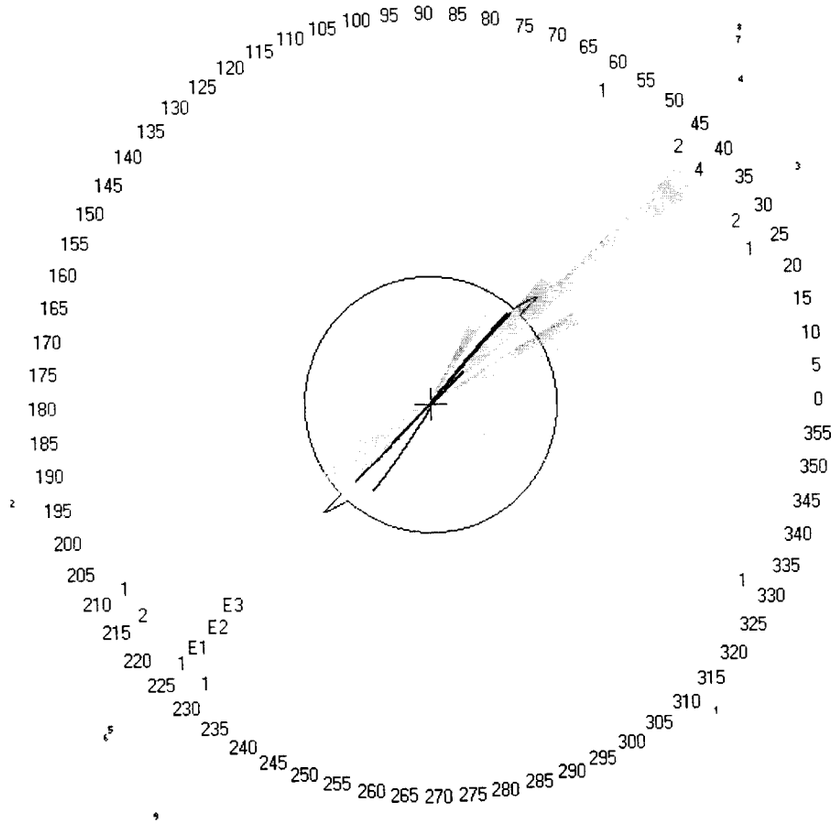


Figura ApVII.6: Histograma Polar da imagem estímulo CIRC2.

Tabela ApVII.21: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo CIRC2.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	312. 1	193. 1	31. 3	44. 7	224. 8	224. 9	48. 14	49	235. 4
Erros (graus)	87. 4	153. 6	8. 2	5. 2	174. 7	174. 6	8. 64	9. 5	164. 1

Tabela ApVII.22: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo CIRC2.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	225. 0	225. 0	224. 0
Erros (graus)	174. 5	174. 5	175. 5

Tabela ApVII.23: Grupos da imagem estímulo CIRC2.

Grupos	Geral	1	2
Faixa (graus)	0 - 360	25 - 60	210 - 230
N.A.	16	10	5
μ (graus)	113. 75	39. 5	219
σ_g (graus)	99. 51	9. 34	7. 35

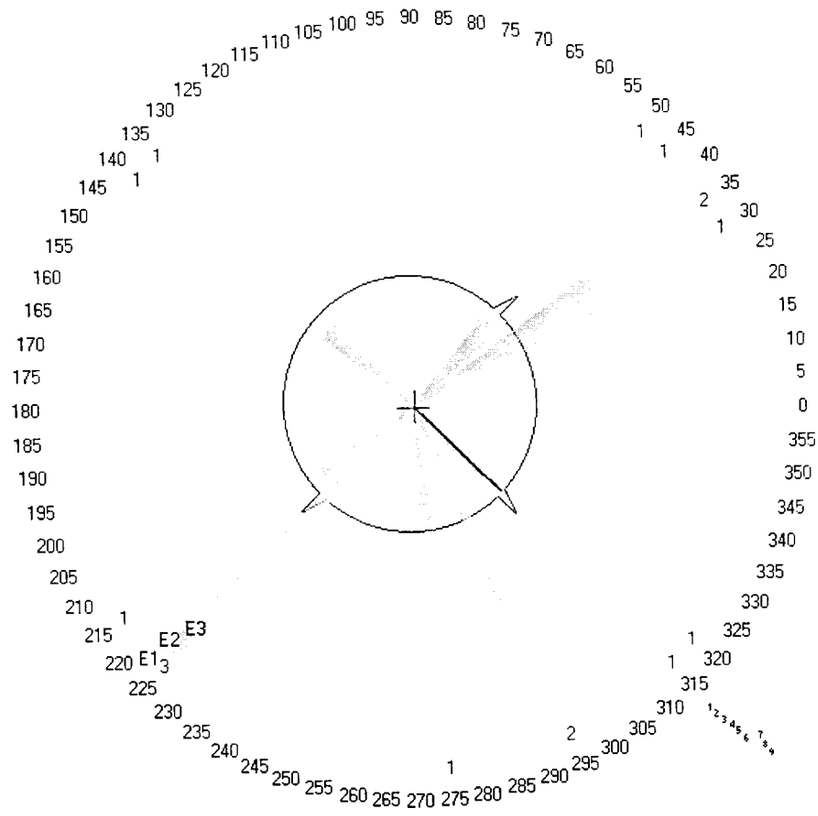


Figura ApVII.7: Histograma Polar da imagem estímulo CIRC3.

Tabela ApVII.24: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo CIRC3.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	314. 1	314. 2	314. 2	314. 5	314. 6	314. 6	316	315. 6	315. 6
Erros (graus)	14. 1	14. 2	14. 2	14. 5	14. 6	14. 6	16	15. 6	15. 6

Tabela ApVII.25: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo CIRC3.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	222. 5	222. 5	224. 1
Erros (graus)	77. 5	77. 5	75. 9

Tabela ApVII.26: Grupos da imagem estímulo CIRC3.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	275 - 320	30 - 50	215 -225	135 - 140
N.A.	16	5	5	4	2
μ (graus)	178. 75	300	39	222. 5	137. 5
σ_g (graus)	107. 2	16. 12	7. 35	4. 33	2. 5

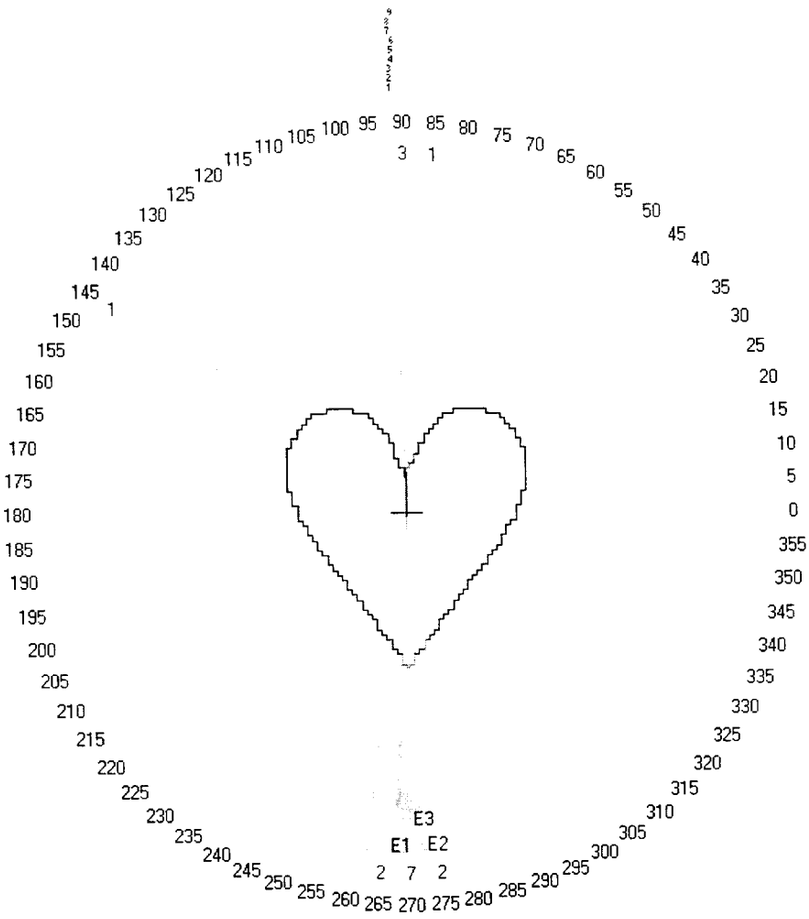


Figura ApVII.8: Histograma Polar da imagem estímulo COPAS.

Tabela ApVII.27: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo COPAS.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	91. 6	91. 6	91. 5	91. 1	91. 1	91	91. 5	91. 4	91. 1
Erros (graus)	178. 4	178. 4	178. 5	178. 9	178. 9	179	178. 5	178. 6	178. 9

Tabela ApVII.28: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo COPAS.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	268. 2	274. 4	272. 3
Erros (graus)	1. 8	4. 4	2. 3

Tabela ApVII.29: Grupos da imagem estímulo COPAS.

Grupos	Geral	1	2
Faixa (graus)	0 - 360	265 - 275	85 - 90
N.A.	16	11	4
μ (graus)	216. 88	270	88. 75
σ_e (graus)	79. 84	3. 02	2. 17

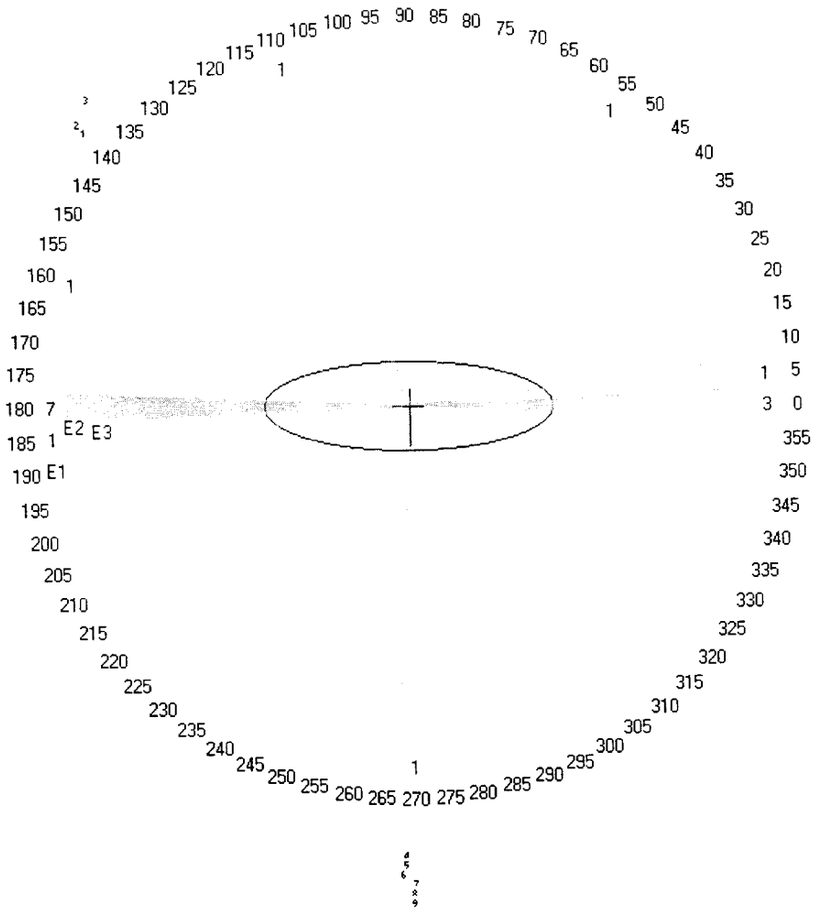


Figura ApVII.9: Histograma Polar da imagem estímulo ELIPSE.

Tabela ApVII.30: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo ELIPSE.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	139. 8	139. 6	136. 4	268. 9	268. 8	268. 5	269. 9	269. 8	269. 8
Erros (graus)	40. 83	41. 03	44. 23	88. 27	88. 17	87. 87	89. 27	89. 17	89. 17

Tabela ApVII.31: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo ELIPSE.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	189. 9	183. 1	184. 4
Erros (graus)	9. 3	2. 5	3. 8

Tabela ApVII.32: Grupos da imagem estímulo ELIPSE.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	180 - 185	0 - 5	55 - 160	270 - 270
N.A.	16	8	4	3	1
μ (graus)	127. 81	180. 63	1. 25	108. 33	270
σ_g (graus)	84. 15	1. 65	2. 17	42. 88	0

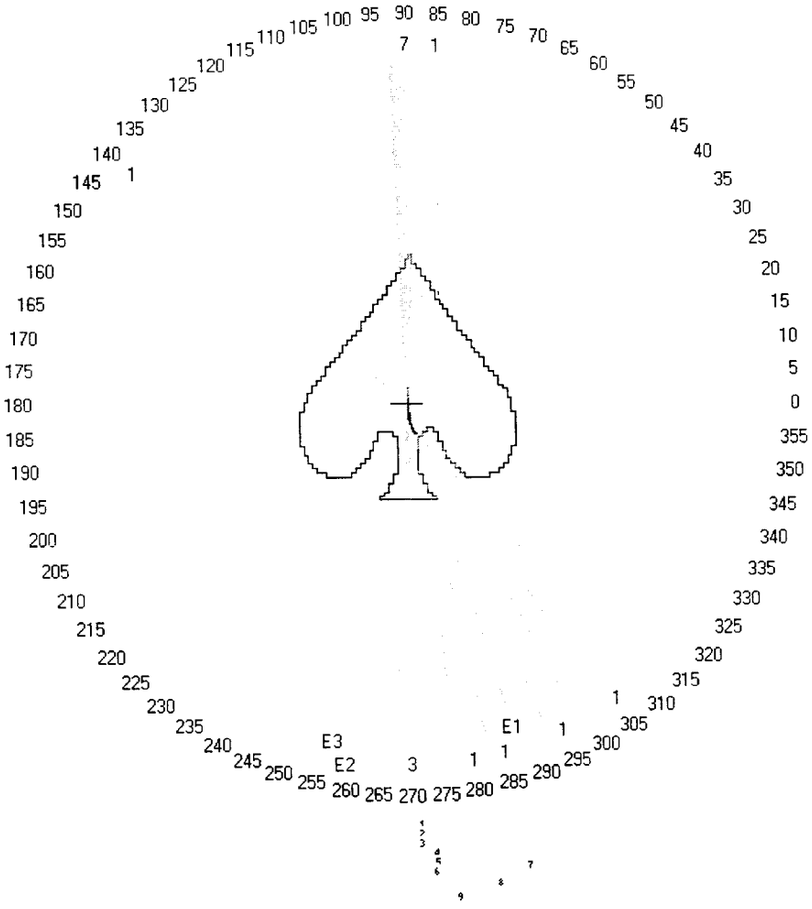


Figura ApVII.10: Histograma Polar da imagem estímulo ESPADA.

Tabela ApVII.33: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo ESPADA.

Simulações	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Direções (graus)	271. 5	271. 5	271. 5	273. 1	273. 2	273. 1	284. 4	280. 5	275. 6
Erros (graus)	177. 88	177. 88	177. 88	176. 28	176. 18	176. 28	164. 98	168. 88	173. 78

Tabela ApVII.34: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo ESPADA.

Valor da Variável *W*	**0. 2 P_e (E1)**	**0. 1 P_e (E2)**	**0. 05 P_e (E3)**
Direções (graus)	287. 2	259. 0	256. 5
Erros (graus)	162. 1	169. 6	167. 1

Tabela ApVII.35: Grupos da imagem estímulo ESPADA.

Grupos	**Geral**	**1**	**2**
Faixa (graus)	0 - 360	85 - 90	270 - 305
N.A.	16	8	7
μ (graus)	176. 88	89. 38	282. 14
σ_e (graus)	93. 99	1. 65	12. 78

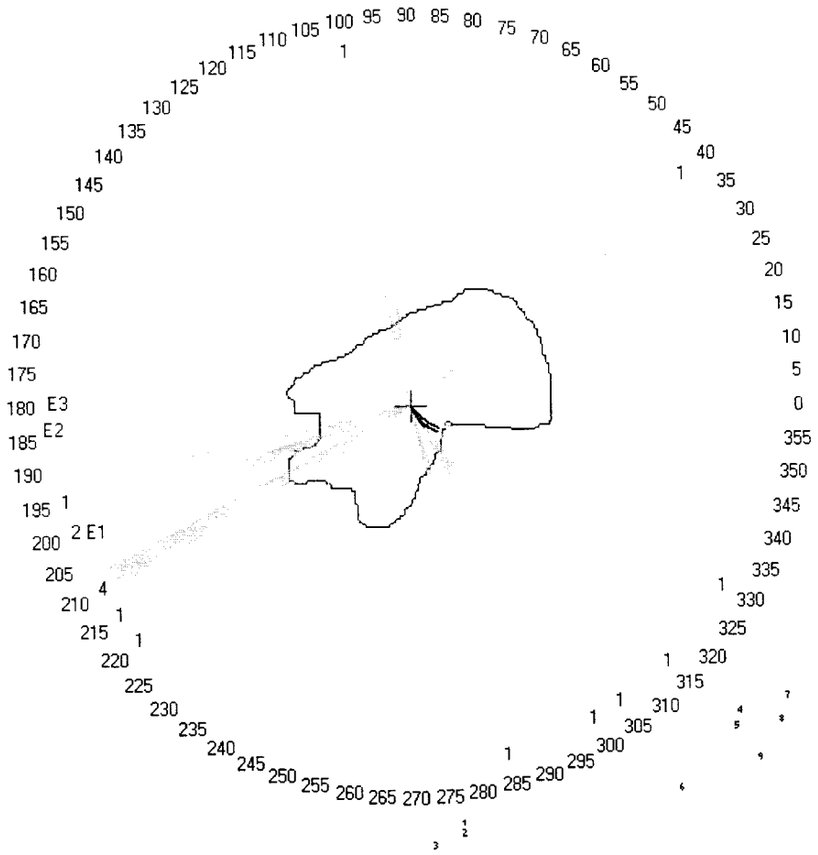


Figura ApVII.11: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA 1.

Tabela ApVII.36: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA 1.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	276. 9	276. 7	272. 7	316. 7	315. 1	304. 9	322	319. 4	314. 5
Erros (graus)	69. 12	68. 92	64. 92	108. 92	107. 32	97. 12	114. 22	111. 62	106. 72

Tabela ApVII.37: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA 1

Valor da Variável W	0. 2 $\dot{P}_e$ (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	201. 2	183. 5	179. 2
Erros (graus)	6. 6	24. 3	28. 5

Tabela ApVII.38: Grupos da imagem estímulo FORMA 1.

Grupos	Geral	1	2
Faixa (graus)	0 - 360	195 - 220	285 - 330
N.A.	16	9	5
μ (graus)	221. 56	207. 78	307
σ_e (graus)	73. 99	7. 49	15. 03

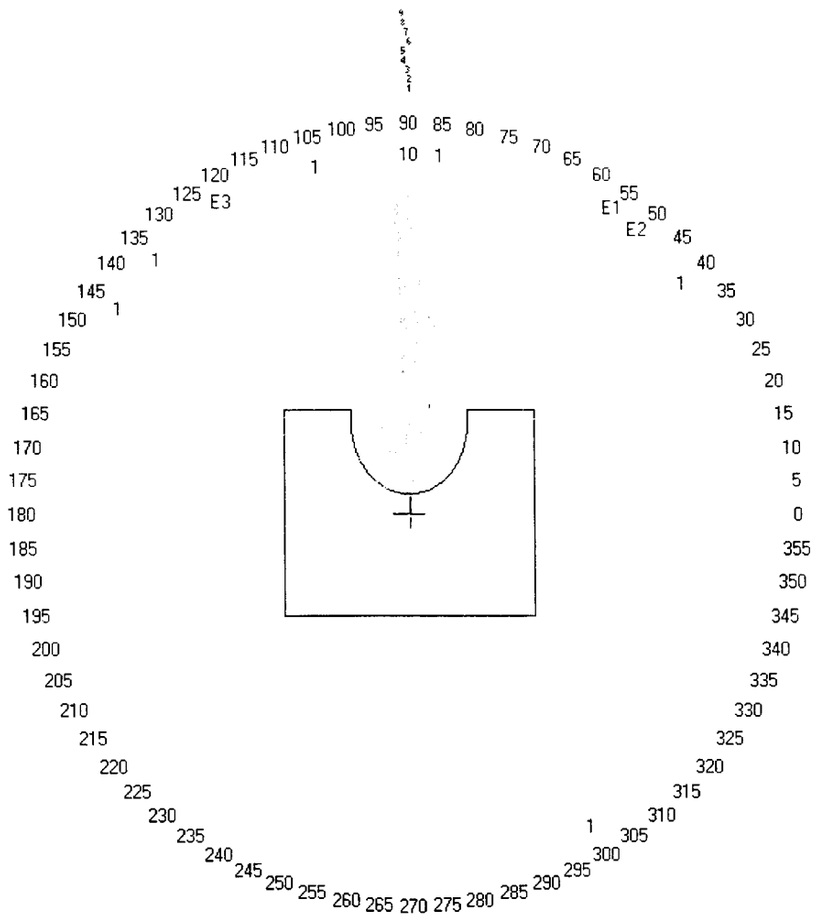


Figura ApVII.12:Histograma Polar da imagem estímulo FORMA 2.

Tabela ApVII.39: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA 2.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	89. 6	89. 6	89. 8	90. 36	90. 29	89. 7	90	90. 43	90. 58
Erros (graus)	1. 23	1. 23	1. 03	0. 47	0. 54	1. 13	0. 83	0. 4	0. 25

Tabela ApVII.40: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA 2.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	56. 3	51. 0	121. 5
Erros (graus)	34. 5	39. 8	30. 7

Tabela ApVII.41: Grupos da imagem estímulo FORMA 2.

Grupos	Geral	1	2
Faixa (graus)	0 - 360	85 - 105	135 - 145
N.A.	16	12	2
μ (graus)	106. 88	90. 83	140
σ_g (graus)	54. 4	4. 49	5

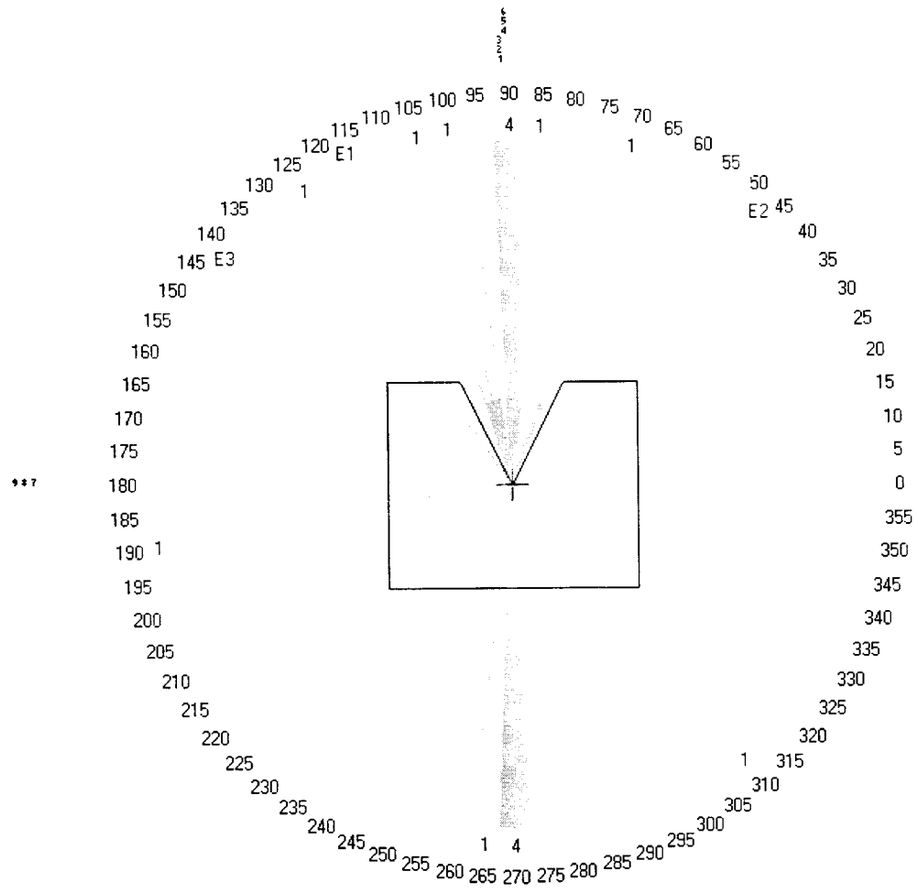


Figura ApVII.13: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA 3.

Tabela ApVII.42: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA 3.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	90. 95	90. 98	90. 93	90. 4	90. 4	90. 5	180	180	180. 1
Erros (graus)	2. 94	2. 91	2. 96	3. 49	3. 49	3. 39	86. 11	86. 11	86. 22

Tabela ApVII.43: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA 3.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	116. 6	47. 3	141. 8
Erros (graus)	22. 7	46. 6	47. 9

Tabela ApVII.44: Grupos da imagem estímulo FORMA 3.

Grupos	Geral	1	2
Faixa (graus)	0 - 360	70 - 125	265 - 270
N.A.	16	9	5
μ (graus)	168. 13	93. 89	269
σ_g (graus)	87. 66	14. 29	2

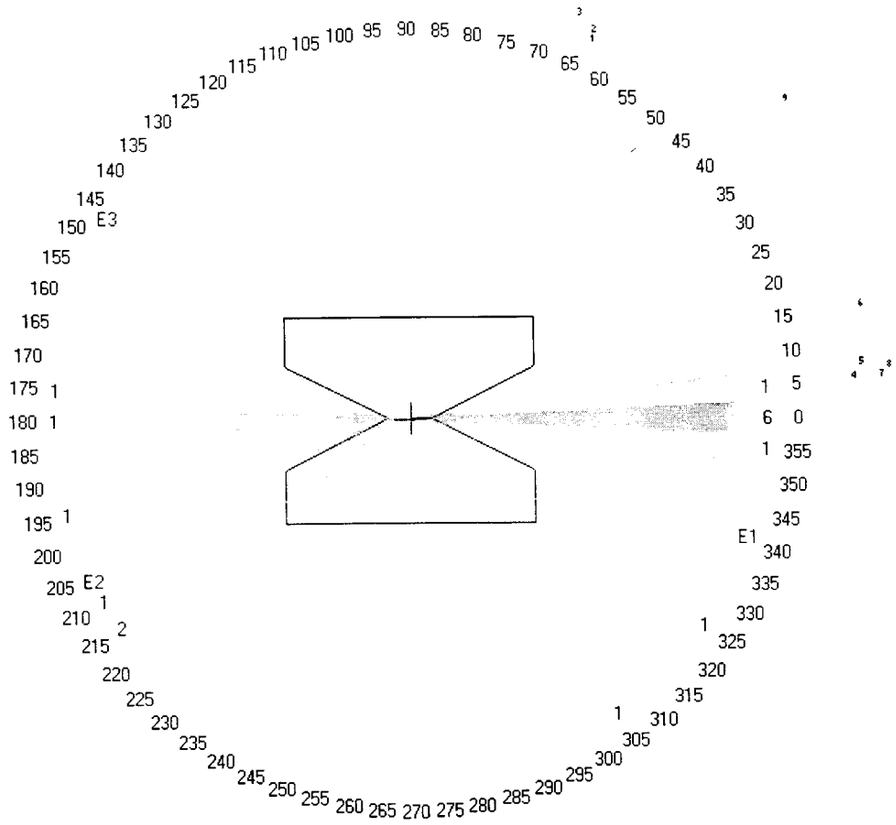


Figura ApVII.14: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA 4.

Tabela ApVII.45: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA 4.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	63	63. 5	66. 2	5	6. 7	13. 67	4. 8	6	39. 5
Erros (graus)	63	63. 5	66. 2	5	6. 7	13. 67	4. 8	6	39. 5

Tabela ApVII.46: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA 4.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	340. 6	206. 3	146. 3
Erros (graus)	19. 4	153. 7	146. 3

Tabela ApVII.47: Grupos da imagem estímulo FORMA 4.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	355 - 5	195 - 215	175 - 180	305 - 325
N.A.	16	8	4	2	2
μ (graus)	136. 25	0	208. 75	177. 5	315
σ_e (graus)	128. 76	2. 5	8. 2	2. 5	10

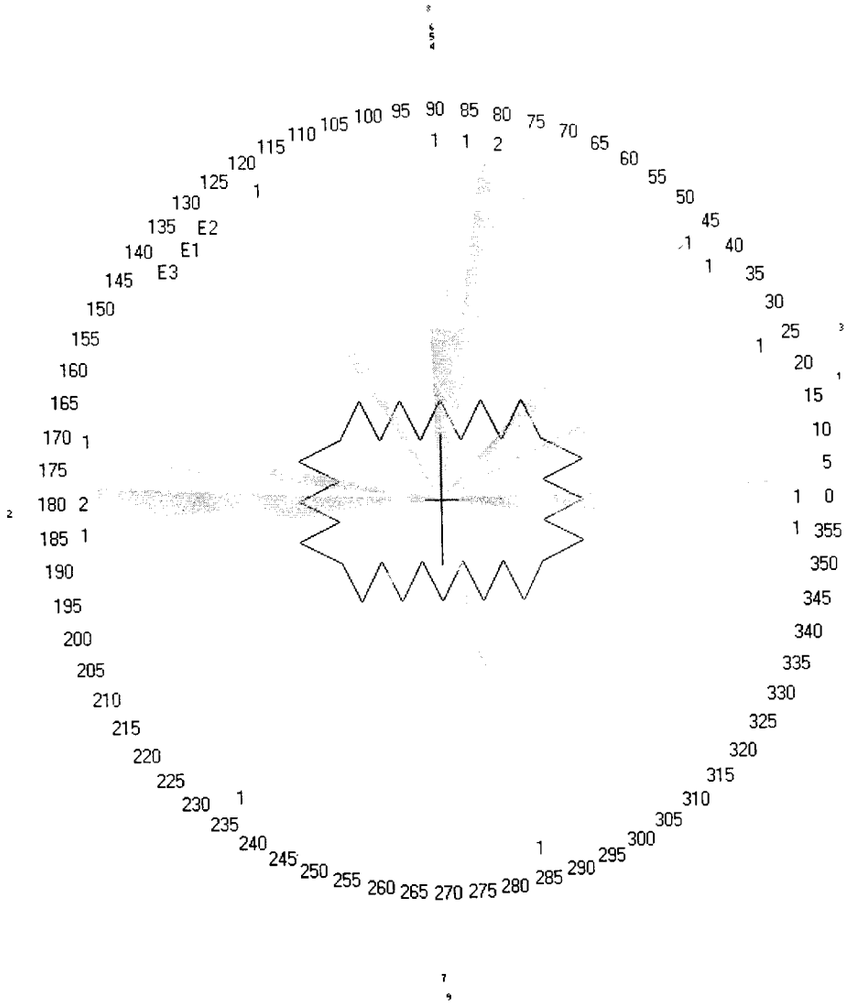


Figura ApVII.15: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA 5.

Tabela ApVII.48: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA 5.

Simulações	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Direções (graus)	16. 1	181. 7	22	90	90	90	269. 3	90. 4	270. 1
Erros (graus)	162. 7	175. 8	156. 8	88. 75	88. 75	88. 75	90. 55	88. 35	91. 35

Tabela ApVII.49: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA 5.

Valor da Variável *W*	**0. 2 P_e (E1)**	**0. 1 P_e (E2)**	**0. 05 P_e (E3)**
Direções (graus)	134. 5	130. 1	139. 7
Erros (graus)	44. 3	48. 7	39. 0

Tabela ApVII.50: Grupos da imagem estímulo FORMA 5.

Grupos	**Geral**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Faixa (graus)	0 - 360	170 - 185	80 - 90	25 - 45	355 - 0	235 - 285
N.A.	16	4	4	3	2	2
μ (graus)	134. 69	178. 75	83. 75	36. 67	357. 5	260
σ_e (graus)	95. 83	5. 45	4. 15	8. 5	2. 5	25

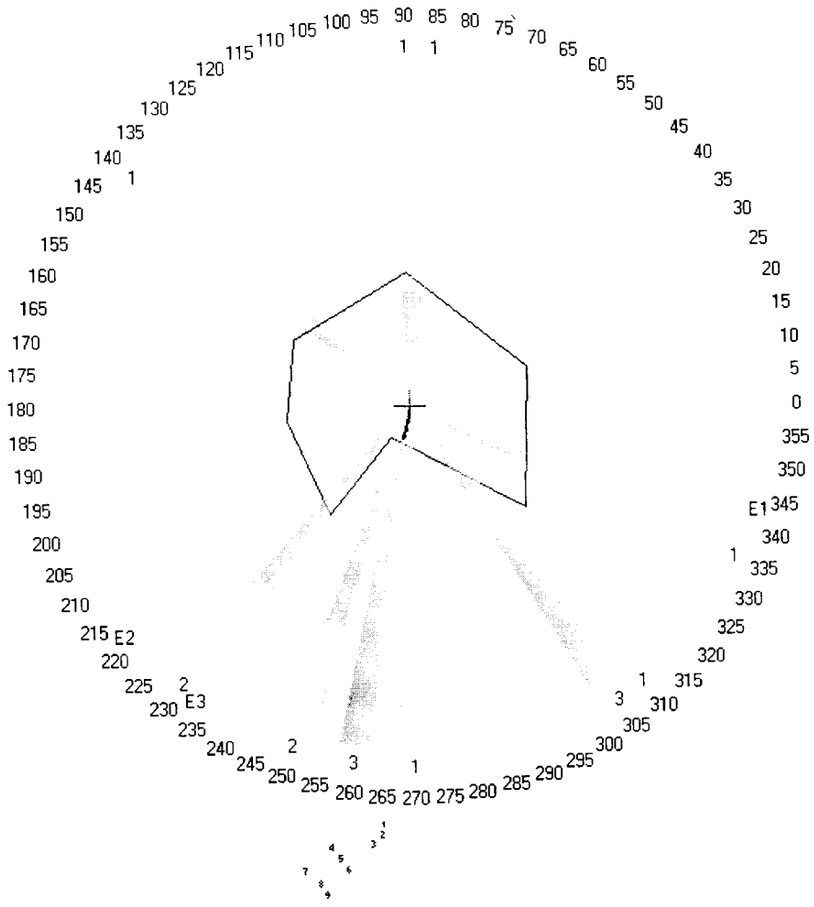


Figura ApVII.16: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA 6.

Tabela ApVII.51: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA 6.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	265. 8	265. 5	264. 5	259. 2	260. 5	261. 8	256. 6	258. 7	259. 7
Erros (graus)	14. 55	14. 25	13. 25	7. 95	9. 25	10. 55	5. 35	7. 45	8. 45

Tabela ApVII.52: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA 6.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	343. 0	218. 2	233. 0
Erros (graus)	91. 7	33. 1	18. 3

Tabela ApVII.53: Grupos da imagem estímulo FORMA 6.

Grupos	Geral	1	2	3
Faixa (graus)	0 - 360	230 - 270	305 - 335	85 - 90
N.A.	16	8	5	2
μ (graus)	242. 81	251. 25	312	87. 5
σ_g (graus)	73. 10	13. 64	11. 66	2. 5

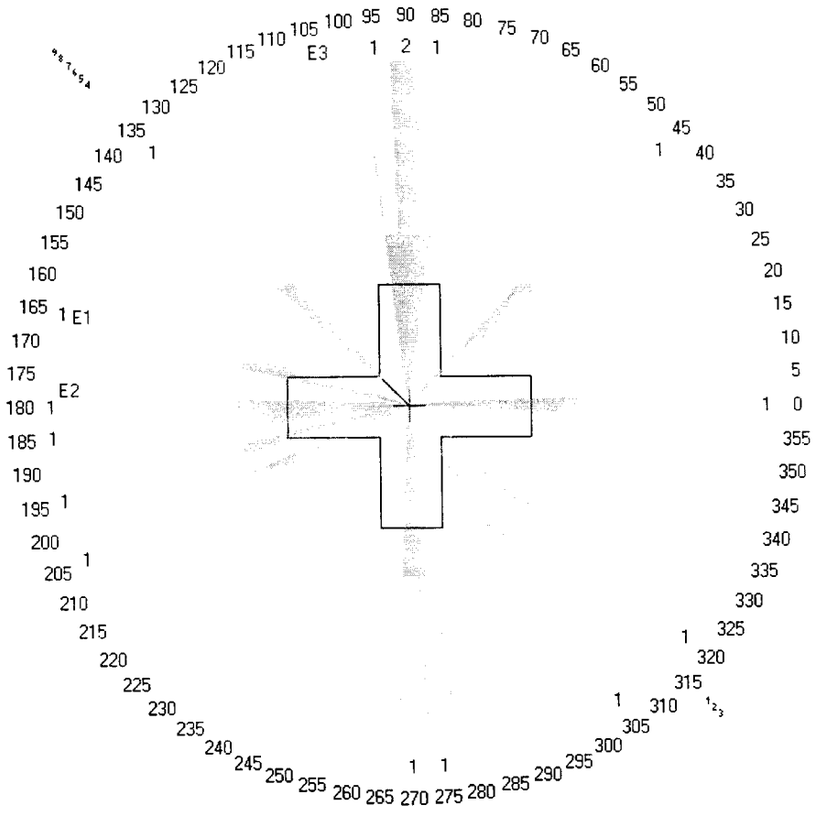


Figura ApVII.17: Histograma Polar da imagem estímulo MAIS.

Tabela ApVII.54: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo MAIS.

Simulações	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Direções (graus)	315	315	315	135	135	135	135	135	135
Erros (graus)	129	129	129	51	51	51	51	51	51

Tabela ApVII.55: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo MAIS.

Valor da Variável *W*	**0. 2 P_e (E1)**	**0. 1 P_e (E2)**	**0. 05 P_e (E3)**
Direções (graus)	164. 6	177. 1	104. 2
Erros (graus)	21. 4	8. 9	81. 8

Tabela ApVII.56: Grupos da imagem estímulo MAIS.

Grupos	**Geral**	**1**	**2**	**3**	**4**
Faixa (graus)	0 - 360	165 - 205	85 - 95	270 - 275	305 - 320
N.A.	16	5	4	2	2
μ (graus)	165	186	90	272. 5	312. 5
σ_e (graus)	91. 84	13. 56	3. 54	2. 5	7. 5

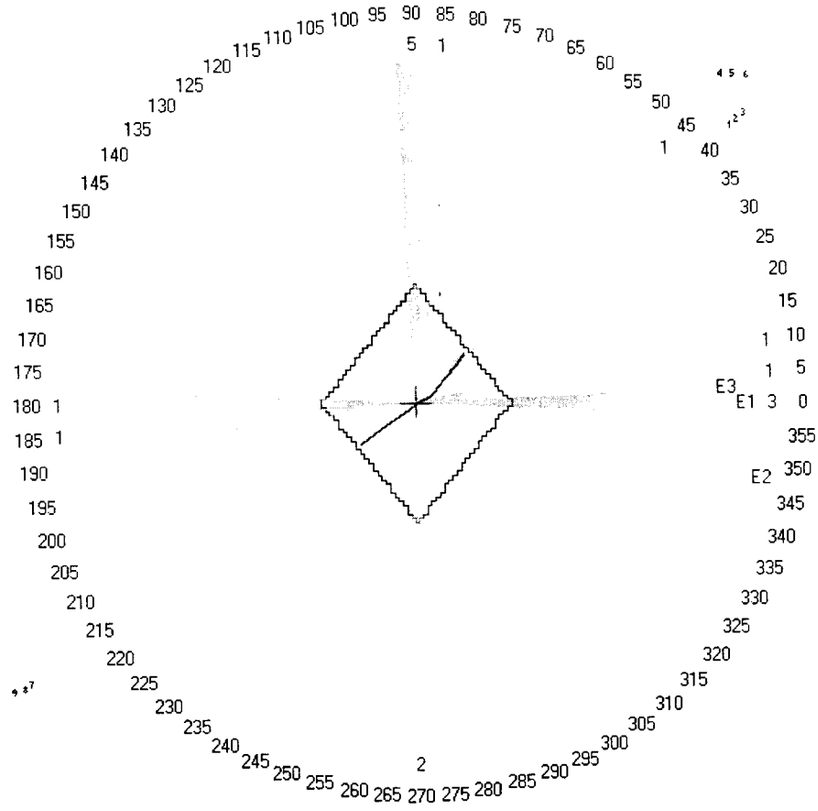


Figura ApVII.18: Histograma Polar da imagem estímulo OUROS.

Tabela ApVII.57: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo OUROS.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	40. 4	40. 4	40. 5	46. 2	45. 1	43. 7	216	216	215. 6
Erros (graus)	48. 77	48. 77	48. 67	42. 97	44. 07	45. 47	126. 8	126. 8	126. 4

Tabela ApVII.58: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo OUROS.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	360. 0	347. 8	2. 9
Erros (graus)	89. 2	101. 3	86. 3

Tabela ApVII.59: Grupos da imagem estímulo OUROS.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	85 - 90	0 - 10	180 - 185	270 - 270
N.A.	16	6	5	2	2
μ (graus)	93. 75	89. 17	3	182. 5	270
σ_e (graus)	87. 2	1. 86	4	2. 5	0

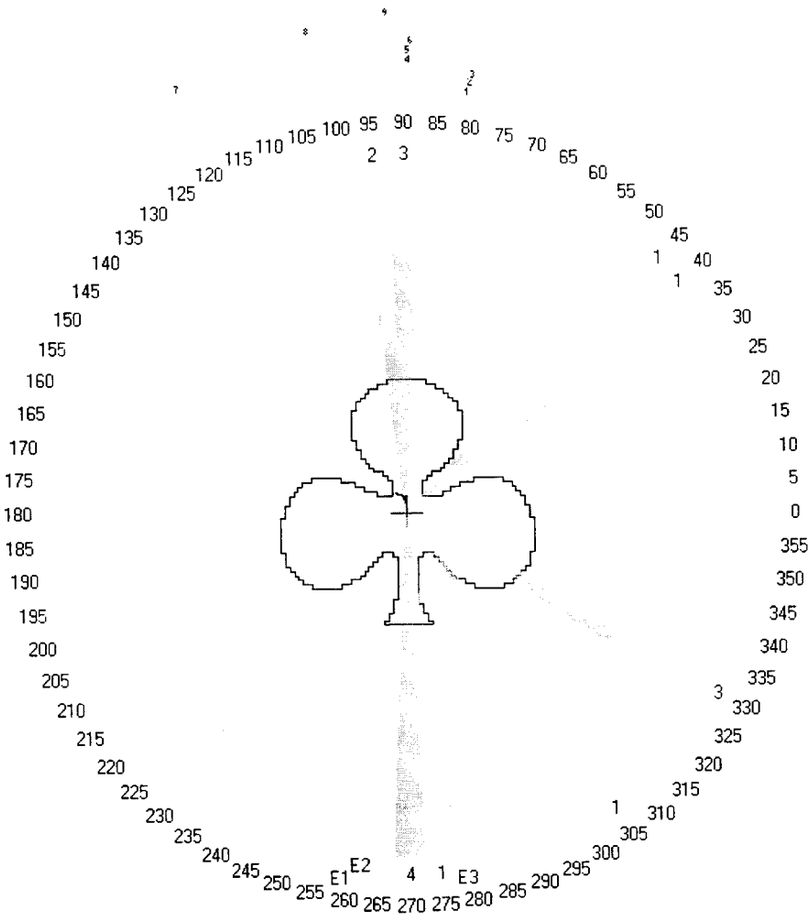


Figura ApVII.19: Histograma Polar da imagem estímulo PAUS.

Tabela ApVII.60: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo PAUS.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	81	80. 9	80. 5	89. 2	89. 2	88. 9	118. 3	101. 2	91. 7
Erros (graus)	11	11. 1	11. 5	2. 8	2. 8	3. 1	26. 3	9. 2	0. 3

Tabela ApVII.61: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo PAUS.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	258. 8	261. 5	278. 8
Erros (graus)	166. 8	169. 5	173. 2

Tabela ApVII.62: Grupos da imagem estímulo PAUS.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	90 - 95	270 - 275	305 - 330	40 - 45
N.A.	16	5	5	4	2
μ (graus)	199. 69	92	271	323. 75	42. 5
σ_e (graus)	110. 38	2. 45	2	ApVII. 83	2. 5

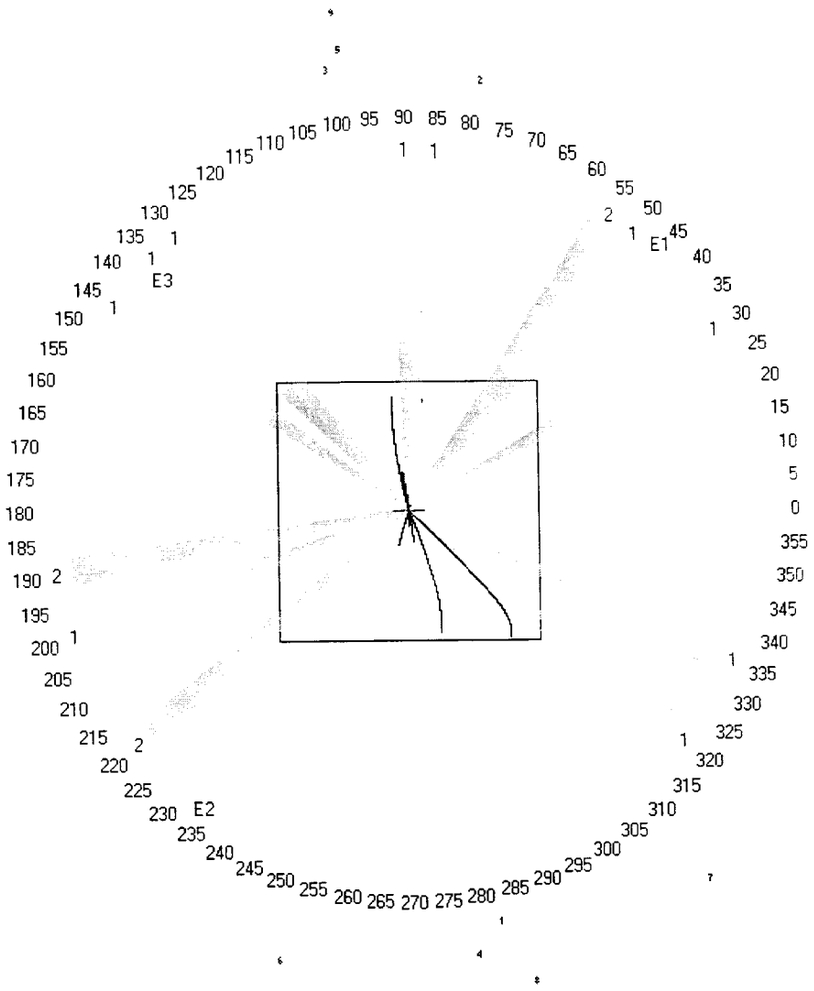


Figura ApVII.20: Histograma Polar da imagem estímulo QUADR.

Tabela ApVII.63: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo QUADR.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	282. 1	79. 3	100. 1	278. 5	98	253. 4	308. 9	284. 6	98. 2
Erros (graus)	78. 1	124	103. 9	74. 5	106	49. 4	104. 9	80. 6	105. 8

Tabela ApVII.64: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo QUADR.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	45. 7	234. 6	136. 4
Erros (graus)	158. 3	30. 6	67. 6

Tabela ApVII.65: Grupos da imagem estímulo QUADR.

Grupos	Geral	1	2	3	4	5
Faixa (graus)	0 - 360	190 - 220	30 - 55	130 - 145	85 - 90	320 - 335
N.A.	16	5	4	3	2	2
μ (graus)	153. 13	204	47. 5	136. 67	87. 5	327. 5
σ_g (graus)	89. 93	13.56	10. 31	6. 24	2. 5	7. 5

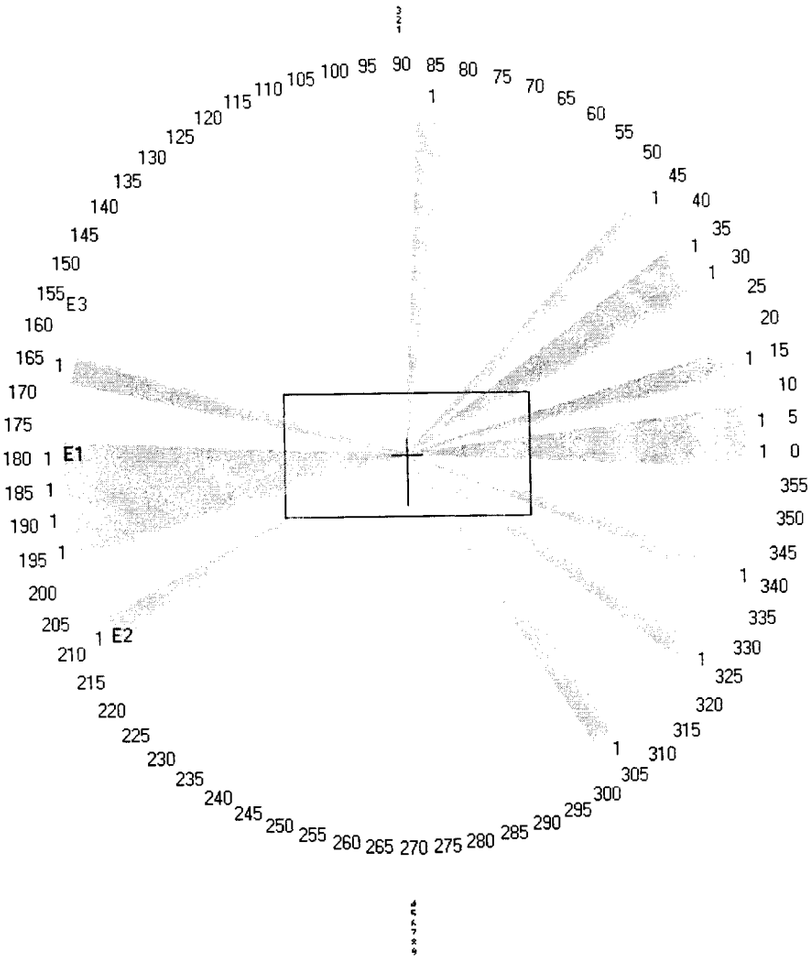


Figura ApVII.21: Histograma Polar da imagem estímulo RETANH.

Tabela ApVII.66: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo RETANH.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	90	90	90	270	270	270	270	270	270
Erros (graus)	68. 33	68. 33	68. 33	111. 67	111. 67	111. 67	111. 67	111. 67	111. 67

Tabela ApVII.67: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo RETANH.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	179. 3	211. 4	154. 9
Erros (graus)	157. 6	170. 3	133. 2

Tabela ApVII.68: Grupos da imagem estímulo RETANH.

Grupos	Geral	1	2	3	4	5
Faixa (graus)	0 - 360	0 - 45	165 - 210	15 - 45	180 - 195	305 - 340
N.A.	16	6	6	4	4	3
μ (graus)	144. 38	21. 67	187. 5	31. 25	187. 5	323. 33
σ_g (graus)	113. 04	16. 24	13. 77	10. 83	5. 59	14. 34

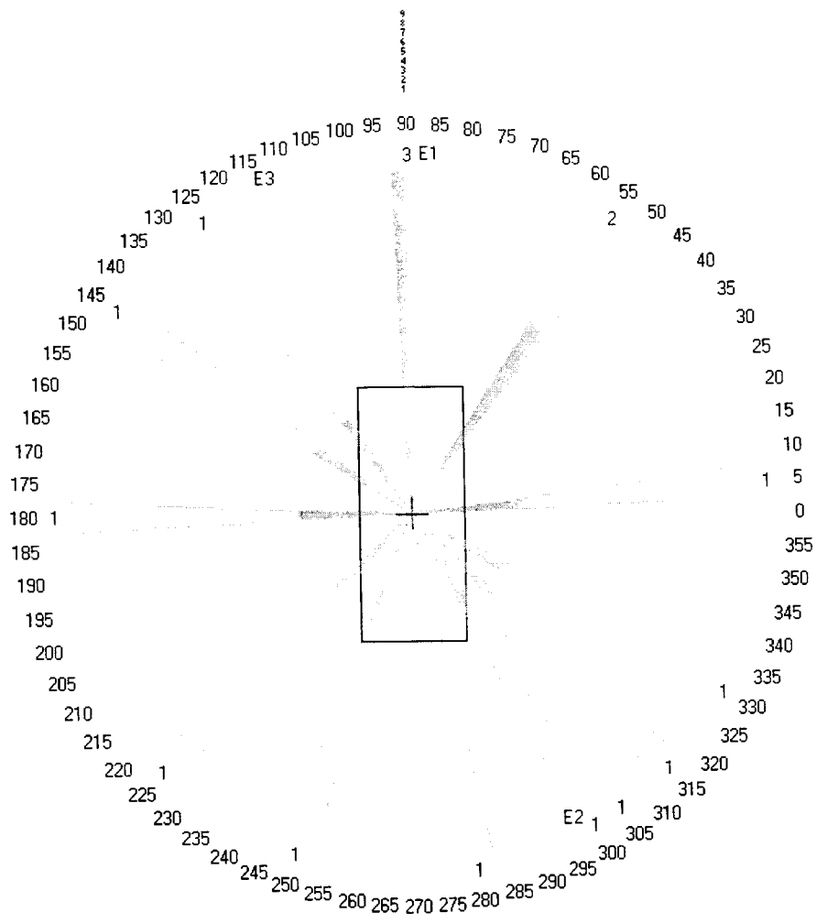


Figura ApVII.22: Histograma Polar da imagem estímulo RETANV.

Tabela ApVII.69: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo RETANV.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Erros (graus)	144	144	144	144	144	144	144	144	144

Tabela ApVII.70: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo RETANV.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	86. 5	297. 3	113. 3
Erros (graus)	140. 5	8. 7	167. 3

Tabela ApVII.71: Grupos da imagem estímulo RETANV.

Grupos	Geral	1	2	3	4	5
Faixa (graus)	0 - 360	280 - 330	90 - 90	225 - 250	125 - 145	55 - 55
N.A.	16	5	3	2	2	2
μ (graus)	177. 5	306	90	237. 5	135	55
σ_g (graus)	105. 48	16. 55	0	12. 5	10	0

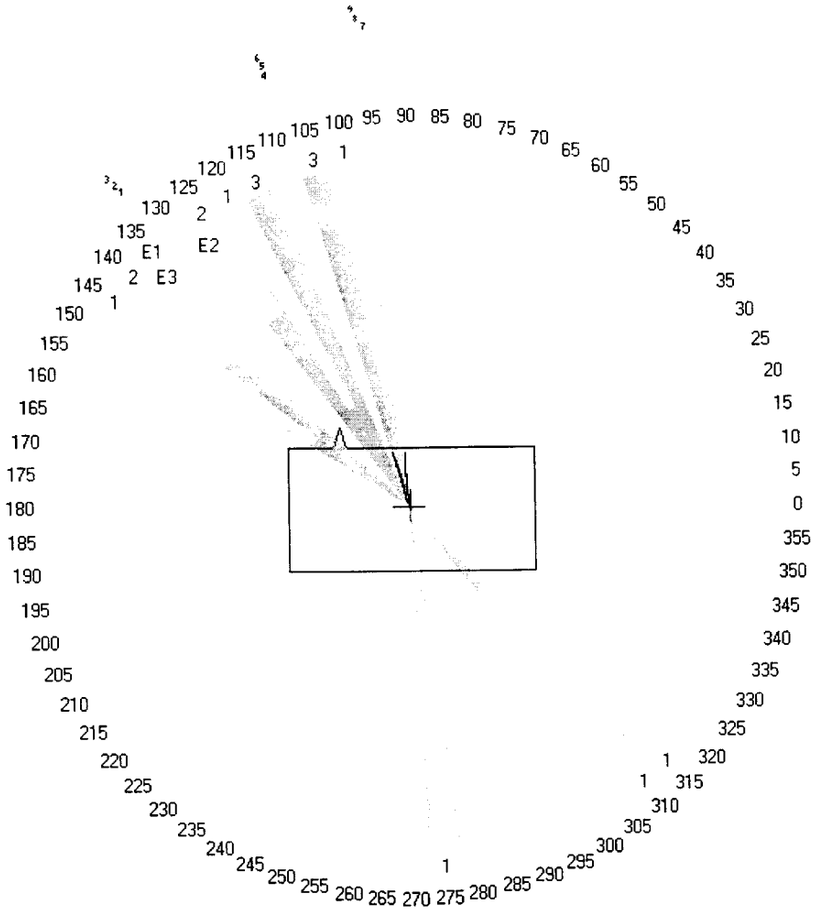


Figura ApVII.23: Histograma Polar da imagem estímulo RETHPV.

Tabela ApVII.72: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo RETHPV.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	132. 4	132. 4	132. 5	108. 2	107. 9	108. 2	94. 9	95. 7	96. 2
Erros (graus)	12. 78	12. 78	12. 88	11. 42	11. 72	11. 42	24. 72	23. 92	23. 42

Tabela ApVII.73: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo RETHPV.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	135. 0	127. 3	136. 4
Erros (graus)	15. 4	7. 7	16. 8

Tabela ApVII.74: Grupos da imagem estímulo RETHPV.

Grupos	Geral	1	2	3
Faixa (graus)	0 - 360	100 - 145	275 - 315	310 - 315
N.A.	16	13	3	2
μ (graus)	153. 44	119. 62	300	312. 5
σ_e (graus)	71. 97	14. 2	17. 8	2. 5

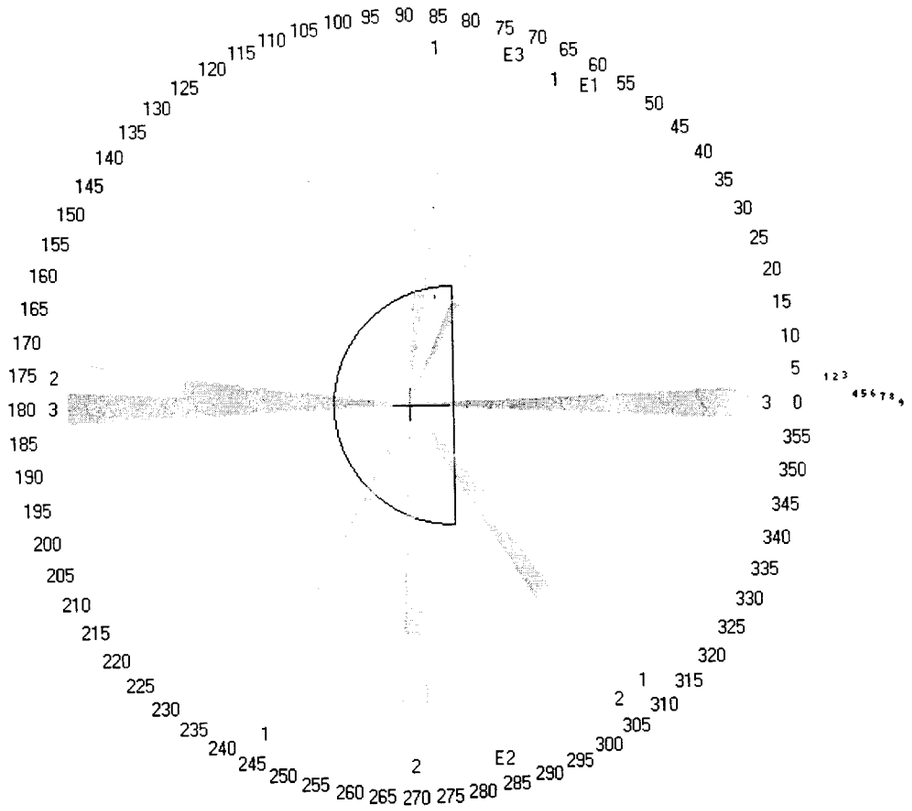


Figura ApVII.24: Histograma Polar da imagem estímulo SEMICIH.

Tabela ApVII.75: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo SEMICIH.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	3	3	3	0. 5	0. 5	0. 6	0. 2	0. 1	359. 4
Erros (graus)	175	175	175	177. 5	177. 5	177. 4	177. 8	177. 9	178. 6

Tabela ApVII.76: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo SEMICIH.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	59. 7	284. 2	72. 7
Erros (graus)	118. 3	106. 2	105. 3

Tabela ApVII.77: Grupos da imagem estímulo SEMICIH.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	175 - 180	0 - 0	245 - 270	305 - 310
N.A.	16	5	3	3	3
μ (graus)	171. 56	178	0	261. 67	306. 67
σ_g (graus)	108. 09	2. 45	0	11. 79	2. 36

IFSC-USP SERVIÇO DE BIBLIOTECA INFORMAÇÃO

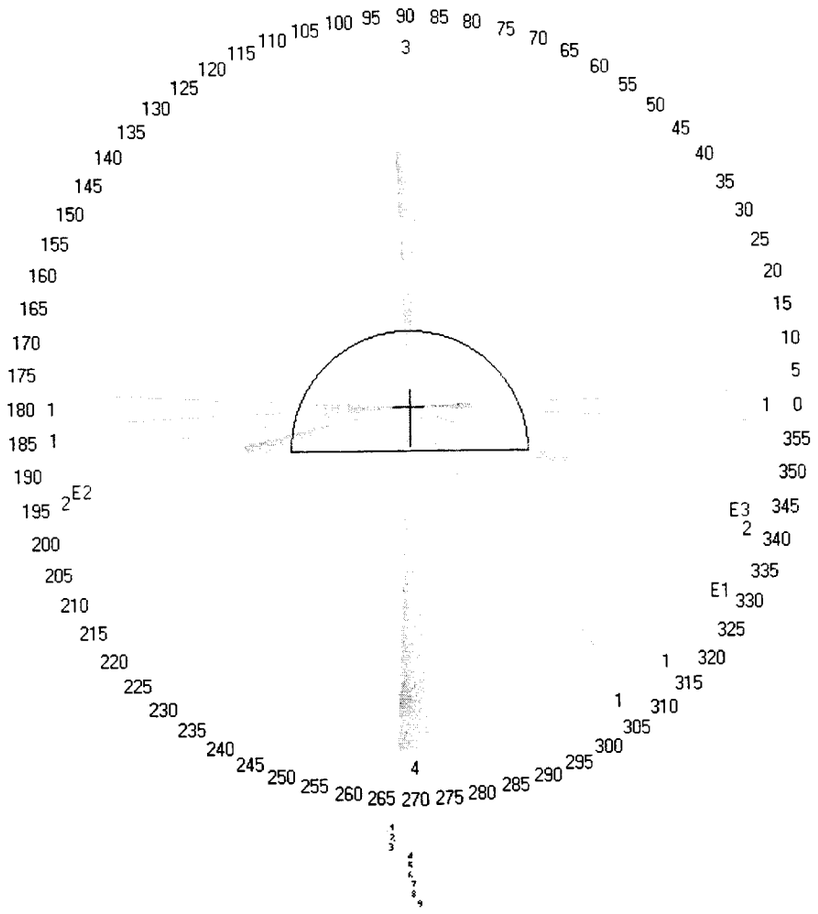


Figura ApVII.25: Histograma Polar da imagem estímulo SEMICIV.

Tabela ApVII.78: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo SEMICIV.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	267	267	267	269. 5	269. 5	269. 4	269. 8	269. 9	270. 6
Erros (graus)	78. 25	78. 25	78. 25	80. 75	80. 75	80. 65	81. 05	81. 15	81. 85

Tabela ApVII.79: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo SEMICIV.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	329. 2	194. 0	342. 5
Erros (graus)	140. 5	5. 3	153. 7

Tabela ApVII.80: Grupos da imagem estímulo SEMICIV.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	180 - 195	270 - 270	305 - 340	90 - 90
N.A.	16	4	4	4	3
μ (graus)	212. 81	188. 75	270	325	90
σ_g (graus)	99. 18	6. 5	0	15. 41	0

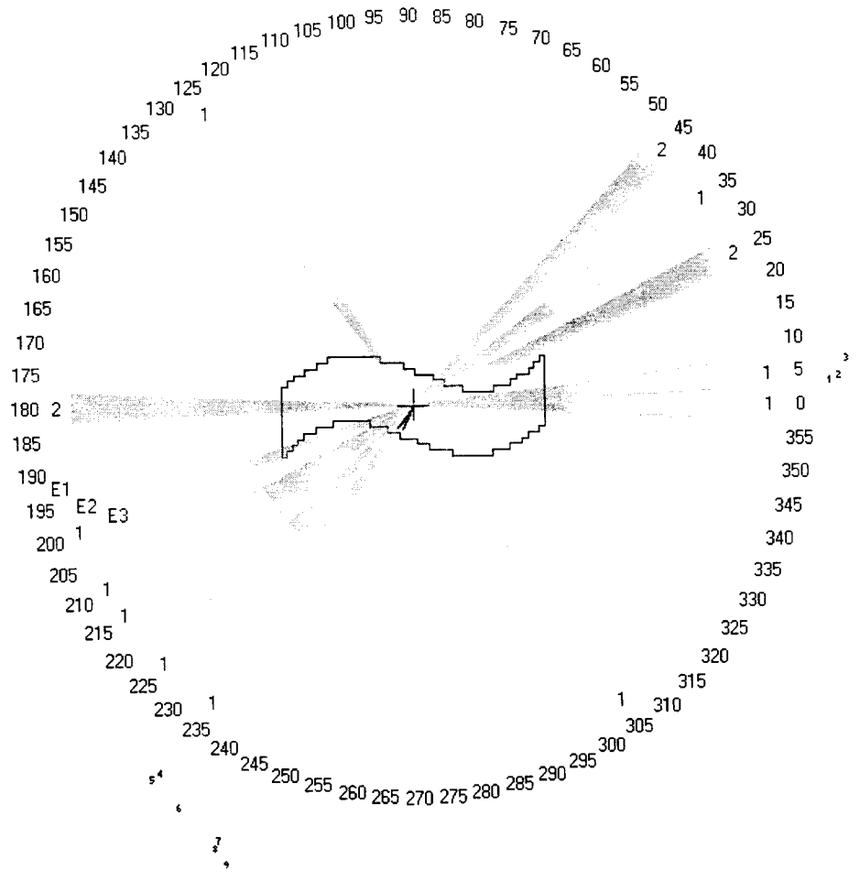


Figura ApVII.26: Histograma Polar da imagem estímulo TIL.

Tabela ApVII.81: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo TIL.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	2. 7	3. 3	5. 5	234. 8	234. 5	239. 1	245. 2	245. 2	247. 1
Erros (graus)	145. 7	146. 3	148. 5	17. 8	17. 5	22. 1	28. 2	28. 2	30. 1

Tabela ApVII.82: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo TIL.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	192. 6	196. 3	199. 5
Erros (graus)	24. 4	20. 7	17. 5

Tabela ApVII.83: Grupos da imagem estímulo TIL.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	200 - 235	25 - 45	0 - 5	180 - 180
N.A.	16	5	5	2	2
μ (graus)	128. 44	217	35	2. 5	180
σ_g (graus)	97. 54	12. 08	8. 94	2. 5	0

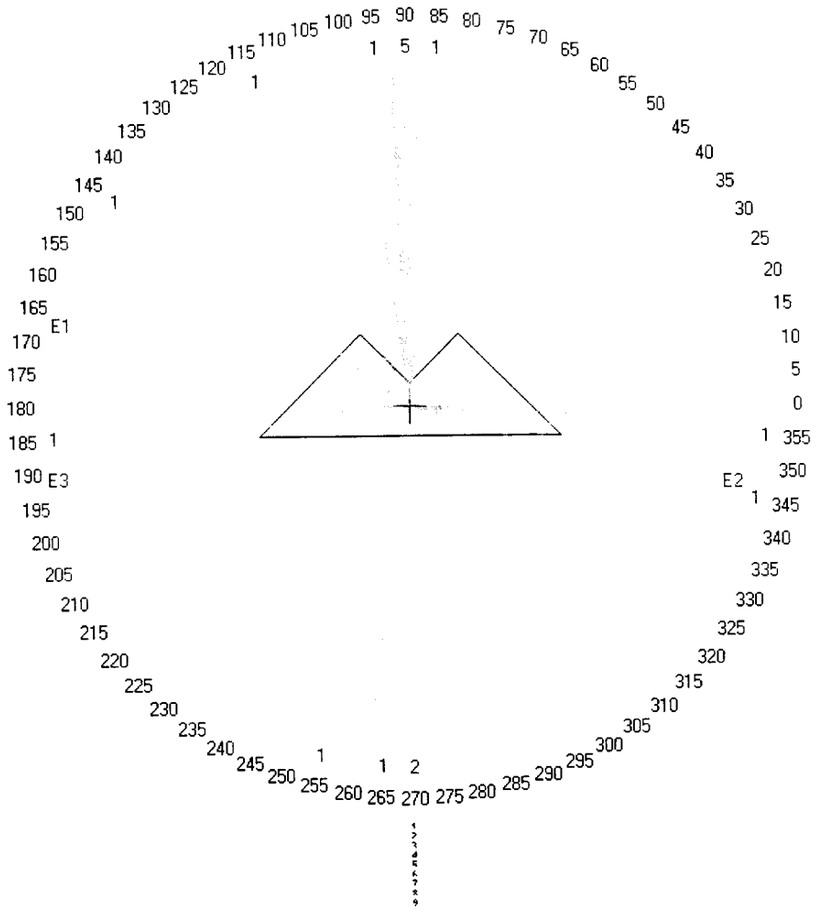


Figura ApVII.27: Histograma Polar da imagem estímulo TRIDUP.

Tabela ApVII.84: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo TRIDUP.

Simulações	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Direções (graus)	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Erros (graus)	176. 87	176. 87	176. 87	176. 87	176. 87	176. 87	176. 87	176. 87	176. 87

Tabela ApVII.85: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo TRIDUP.

Valor da Variável *W*	**0. 2 P_e (E1)**	**0. 1 P_e (E2)**	**0. 05 P_e (E3)**
Direções (graus)	166. 6	346. 8	191. 5
Erros (graus)	65. 2	115. 0	40. 3

Tabela ApVII.86: Grupos da imagem estímulo TRIDUP.

Grupos	**Geral**	**1**	**2**	**3**	**4**
Faixa (graus)	0 - 360	85 - 115	85 - 95	255 - 270	345 - 355
N.A.	16	8	7	4	2
μ (graus)	177. 19	93. 13	90	265	350
σ_g (graus)	96. 5	8. 64	2. 67	6. 12	5

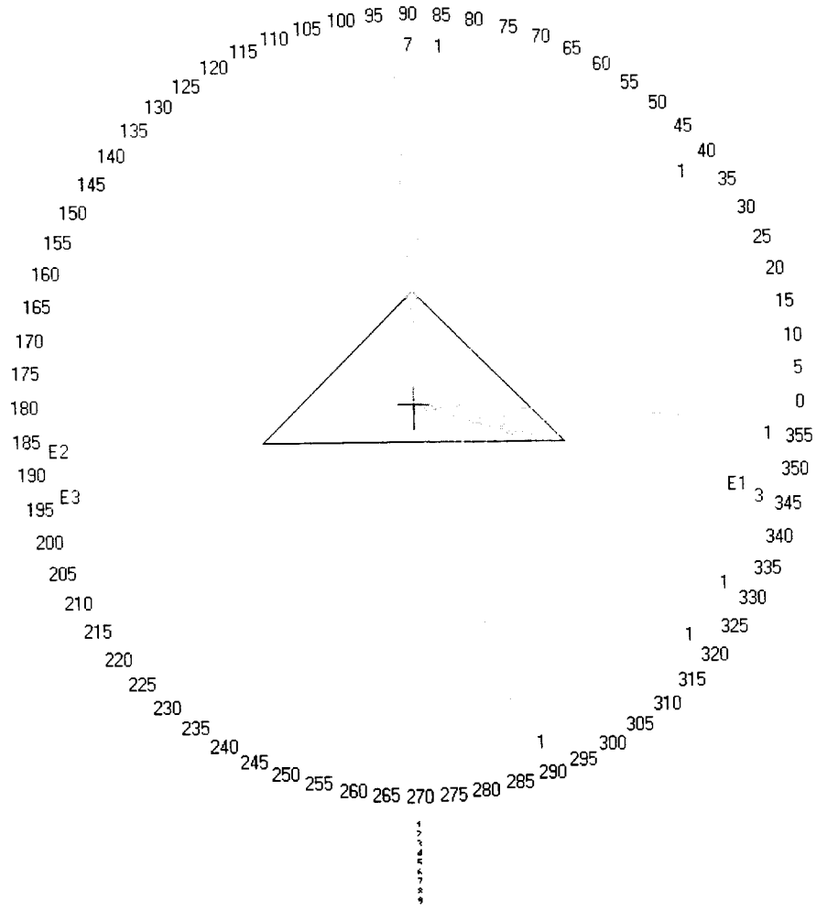


Figura ApVII.28: Histograma Polar da imagem estímulo TRIEQUI.

Tabela ApVII.87: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo TRIEQUI.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	270	270	270	270	270	270	270	270	270
Erros (graus)	179. 38	179. 38	179. 38	179. 38	179. 38	179. 38	179. 38	179. 38	179. 38

Tabela ApVII.88: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo TRIEQUI.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	346. 0	186. 9	194. 5
Erros (graus)	103. 4	97. 5	105. 1

Tabela ApVII.89: Grupos da imagem estímulo TRIEQUI.

Grupos	Geral	1	2
Faixa (graus)	0 - 360	85 - 90	320 - 355
N.A.	16	8	6
μ (graus)	192. 81	89. 38	340
σ_g (graus)	124. 8	1. 65	11. 55

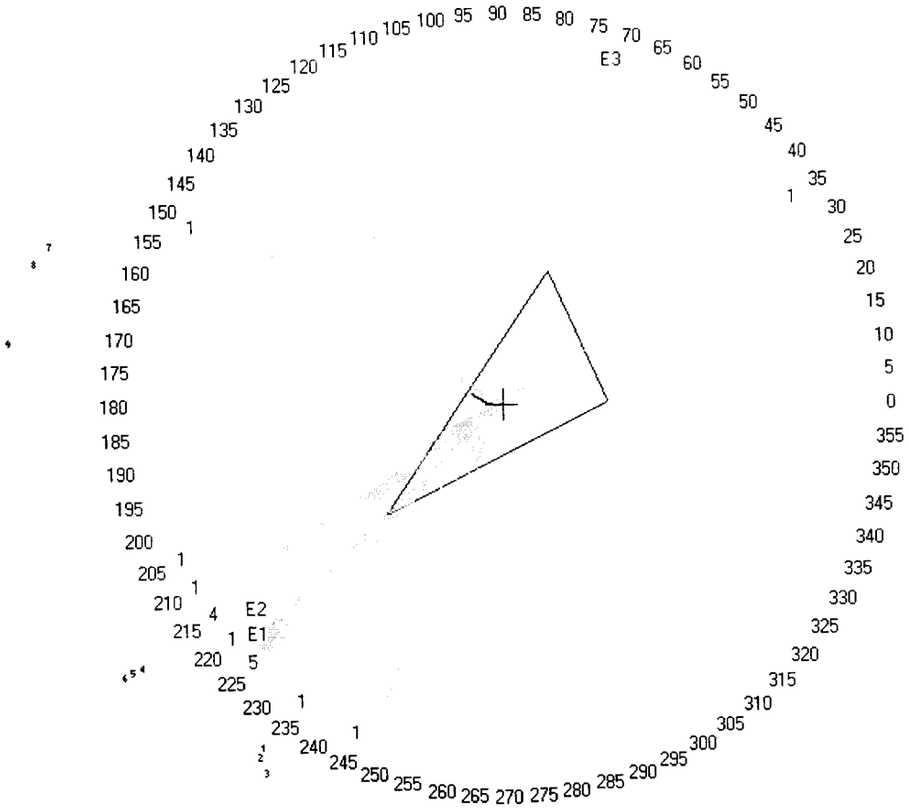


Figura ApVII.29: Histograma Polar da imagem estímulo TRIESC.

Tabela ApVII.90: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo TRIESC.

Simulações	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Direções (graus)	234. 6	235. 1	237	215. 8	215. 8	215. 6	160. 8	163. 1	172. 9
Erros (graus)	13. 17	13. 67	15. 57	5. 63	5. 63	5. 83	60. 63	58. 33	48. 53

Tabela ApVII.91: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo TRIESC.

Valor da Variável *W*	**0. 2 P_e (E1)**	**0. 1 P_e (E2)**	**0. 05 P_e (E3)**
Direções (graus)	222. 2	219. 6	71. 8
Erros (graus)	0. 8	1. 8	149. 7

Tabela ApVII.92: Grupos da imagem estímulo TRIESC.

Grupos	**Geral**	**1**
Faixa (graus)	0 - 360	205 - 245
N.A.	16	14
μ (graus)	205. 31	221. 43
σ_g (graus)	48. 14	9. 9

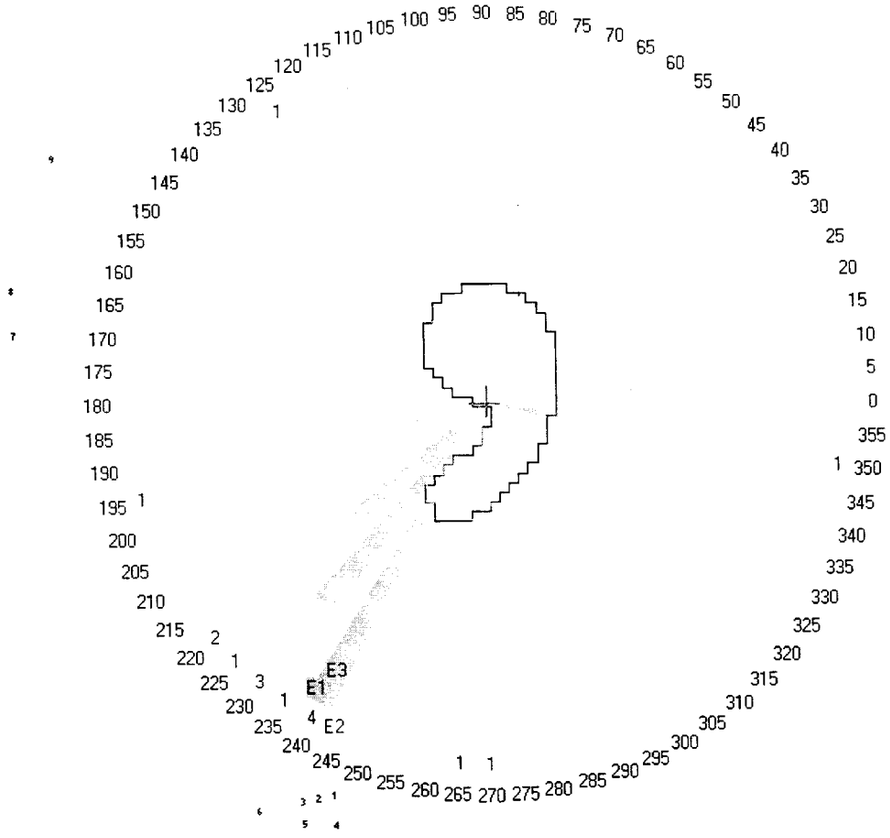


Figura ApVII.30: Histograma Polar da imagem estímulo VIRG.

Tabela ApVII.93: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo VIRG.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	248. 1	246. 5	244. 8	249. 9	246. 1	240. 5	172	166. 7	150. 5
Erros (graus)	16. 28	14. 68	12. 98	18. 08	14. 28	8. 68	59. 82	65. 12	81. 32

Tabela ApVII.94: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo VIRG.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	238. 1	243. 8	240. 0
Erros (graus)	6. 3	11. 9	8. 1

Tabela ApVII.95: Grupos da imagem estímulo VIRG.

Grupos	Geral	1	2
Faixa (graus)	0 - 360	220 - 240	265 - 270
N.A.	16	11	2
μ (graus)	234. 69	231. 82	267. 5
σ_g (graus)	43. 14	7. 47	2. 5

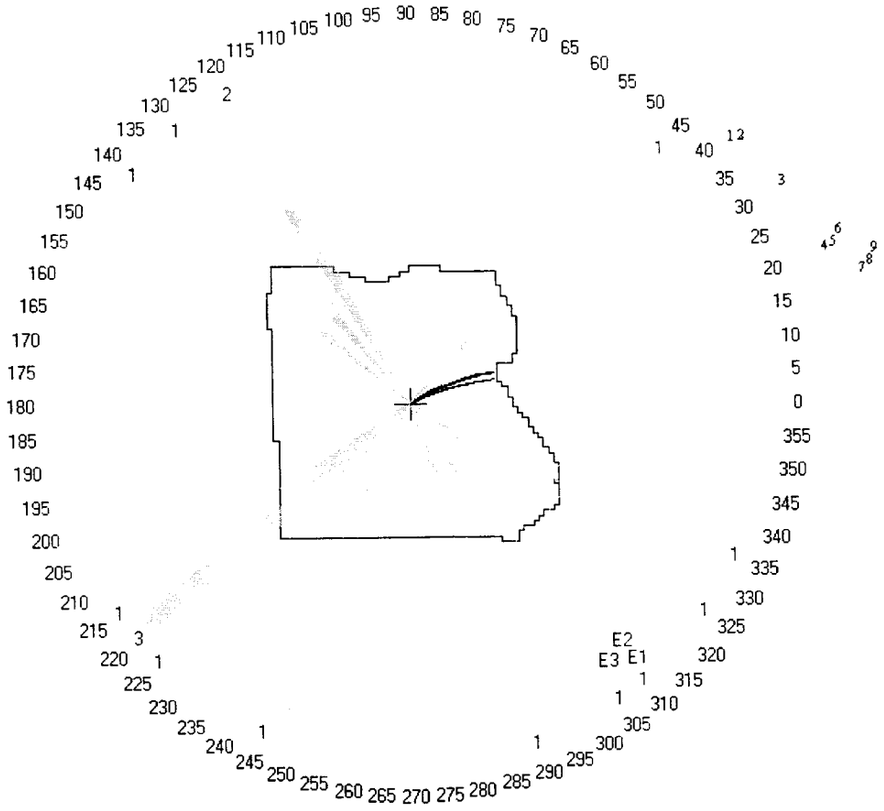


Figura ApVII.31: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA A.

Tabela ApVII.96: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA A.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	38. 94	38. 25	30. 31	20. 22	20. 61	21. 69	16. 29	16. 89	18. 11
Erros (graus)	174. 77	174. 08	166. 14	156. 05	156. 44	157. 52	152. 12	152. 72	153. 94

Tabela ApVII.97: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA A.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	311. 6	311. 6	307. 3
Erros (graus)	87. 5	87. 5	83. 1

Tabela ApVII.98: Grupos da imagem estímulo FORMA A.

Grupos	Geral	1	2	3
Faixa (graus)	0 - 360	215 - 245	290 - 335	120 - 140
N.A.	16	6	5	4
μ (graus)	216. 56	224. 17	313	127. 50
σ_g (graus)	82. 95	9. 75	15. 68	8. 29

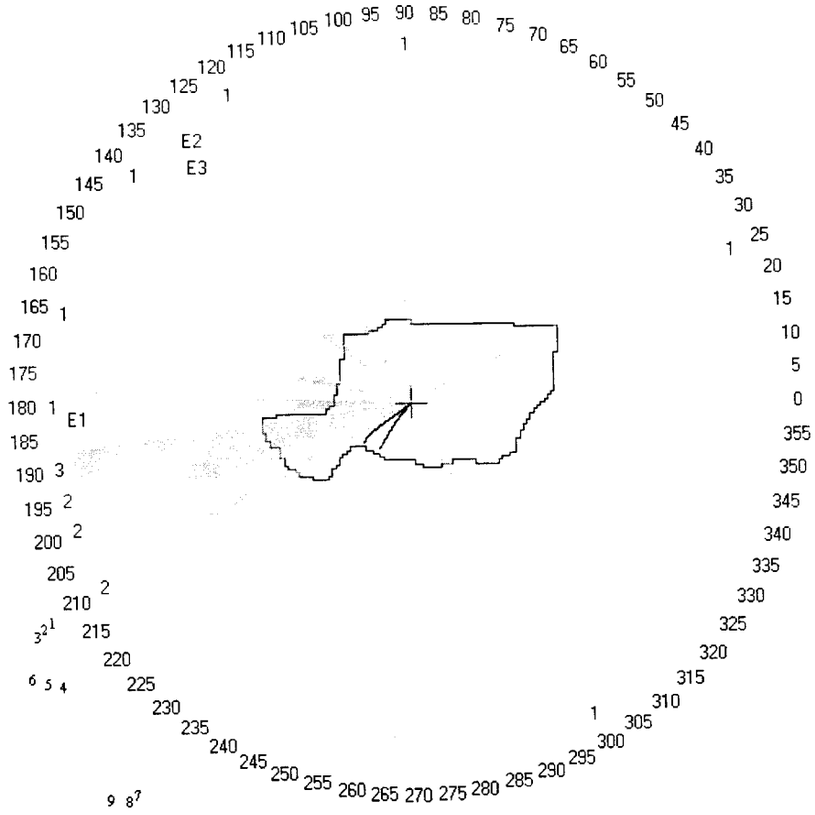


Figura ApVII.32: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA B.

Tabela ApVII.99: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA B.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	210. 8	211	211. 4	218. 5	217	215. 4	234. 2	233. 8	232. 1
Erros (graus)	14. 8	15	15. 4	22. 5	21	19. 4	38. 2	37. 8	36. 1

Tabela ApVII.100: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA B.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	182. 2	129. 3	131. 6
Erros (graus)	13. 8	66. 7	64. 4

Tabela ApVII.101: Grupos da imagem estímulo FORMA B.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	180 - 210	90 - 165	25 - 25	300 - 300
N.A.	16	10	4	1	1
μ (graus)	175	196	128. 75	25	300
σ_g (graus)	58. 58	8. 89	27. 47	0	0

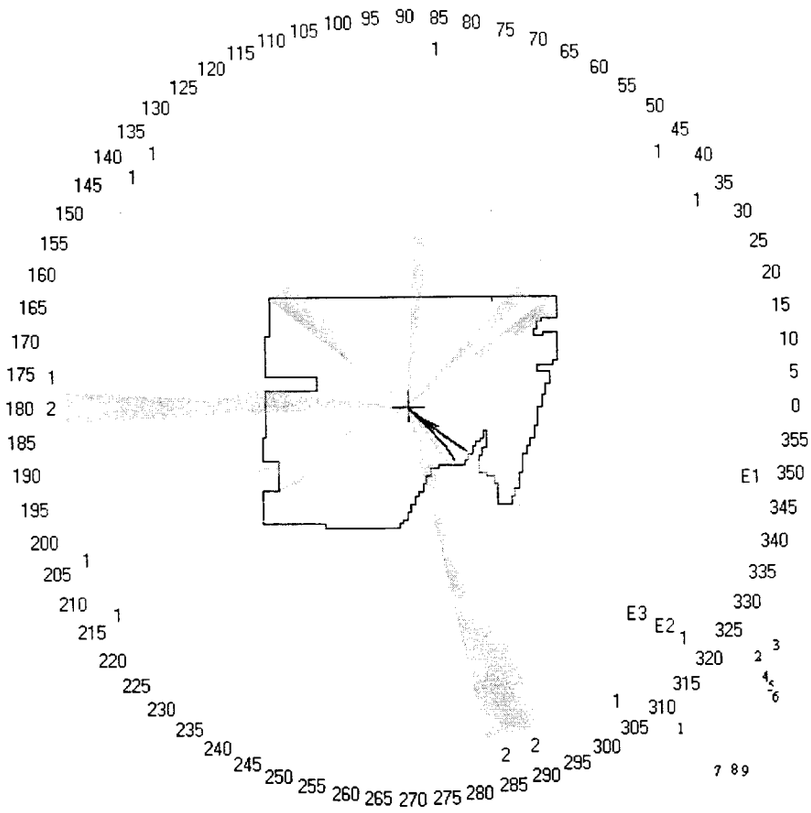


Figura ApVII.33: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA C.

Tabela ApVII.102: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA C.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	310. 2	324. 5	327	323. 1	322. 6	321. 7	3ApVII .4	311. 9	312. 8
Erros (graus)	14. 37	28. 67	31. 17	27. 27	26. 77	25. 87	14. 57	16. 07	16. 97

Tabela ApVII.103: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA C.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	348. 4	319. 3	317. 5
Erros (graus)	52. 6	23. 5	21. 7

Tabela ApVII.104: Grupos da imagem estímulo FORMA C.

Grupos	Geral	1	2	3	4	5
Faixa (graus)	0 - 360	285 - 320	175 - 180	35 - 45	135 - 140	205 - 215
N.A.	16	6	3	2	2	2
μ (graus)	198. 13	295. 83	178. 33	40	137. 5	210
σ_e (graus)	90. 14	12. 72	2. 36	5	2. 5	5

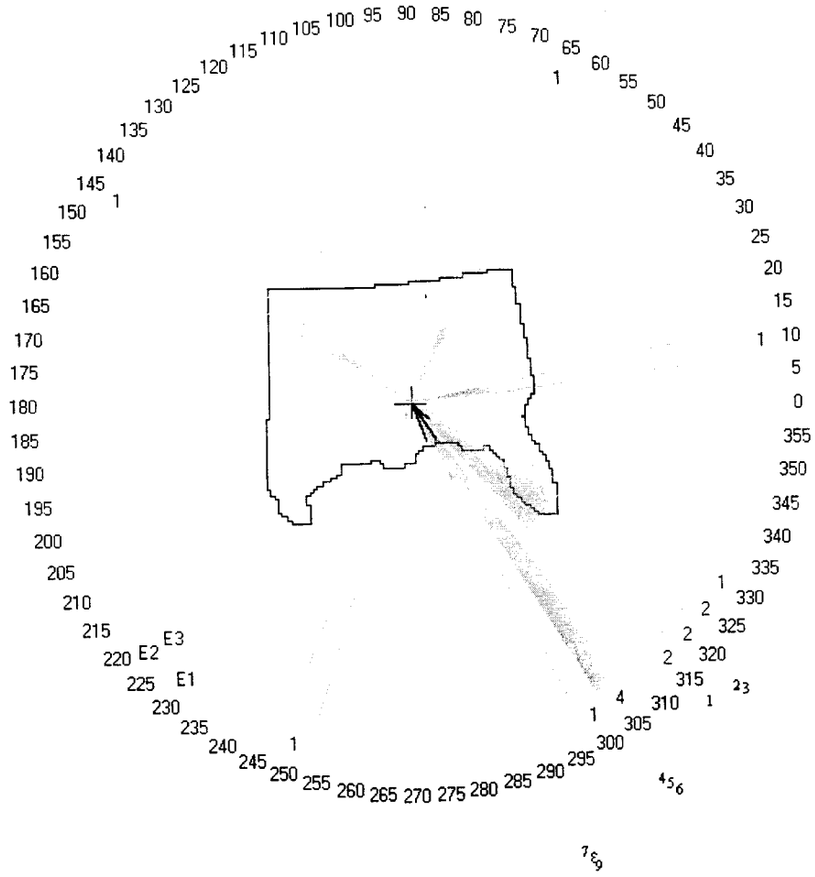


Figura ApVII.34: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA D.

Tabela ApVII.105: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA D.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	315	319. 1	319. 5	303. 6	304. 2	304. 7	290. 8	291. 7	291. 8
Erros (graus)	0. 83	4. 93	5. 33	10. 57	9. 97	9. 47	23. 37	22. 47	22. 37

Tabela ApVII.106: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA D.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	229. 6	222. 5	223. 5
Erros (graus)	84. 5	91. 7	90. 7

Tabela ApVII.107: Grupos da imagem estímulo FORMA D.

Grupos	Geral	1	2	3	4	5
Faixa (graus)	0 - 360	300 - 330	10 - 10	65 - 65	145 - 145	250 - 250
N.A.	16	12	1	1	1	1
μ (graus)	265	314. 17	10	65	145	250
σ_g (graus)	96. 74	9. 54	0	0	0	0

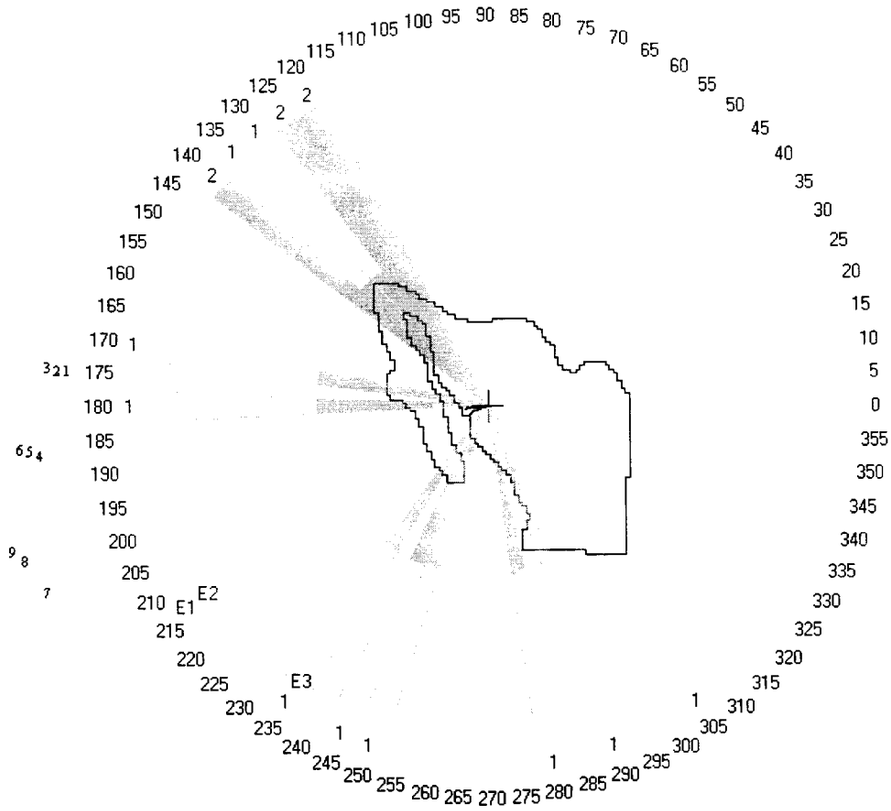


Figura ApVII.35: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA E.

Tabela ApVII.108: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA E.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	175. 2	175. 1	174. 9	186. 4	185. 7	185. 3	202. 9	198. 4	197. 1
Erros (graus)	45. 82	45. 72	45. 52	57. 02	56. 32	55. 92	73. 52	69. 02	67. 72

Tabela ApVII.109: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA E.

Valor da Variável W	0. 2 $\dot{P}_e$ (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	213. 4	213. 4	235. 1
Erros (graus)	84. 0	84. 0	105. 7

Tabela ApVII.110: Grupos da imagem estímulo FORMA E.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	120 - 140	235 - 250	280 - 305	170 - 180
N.A.	16	8	3	3	2
μ (graus)	186. 88	129. 38	243. 33	291. 67	175
σ_g (graus)	66. 24	7. 68	6. 24	10. 27	5

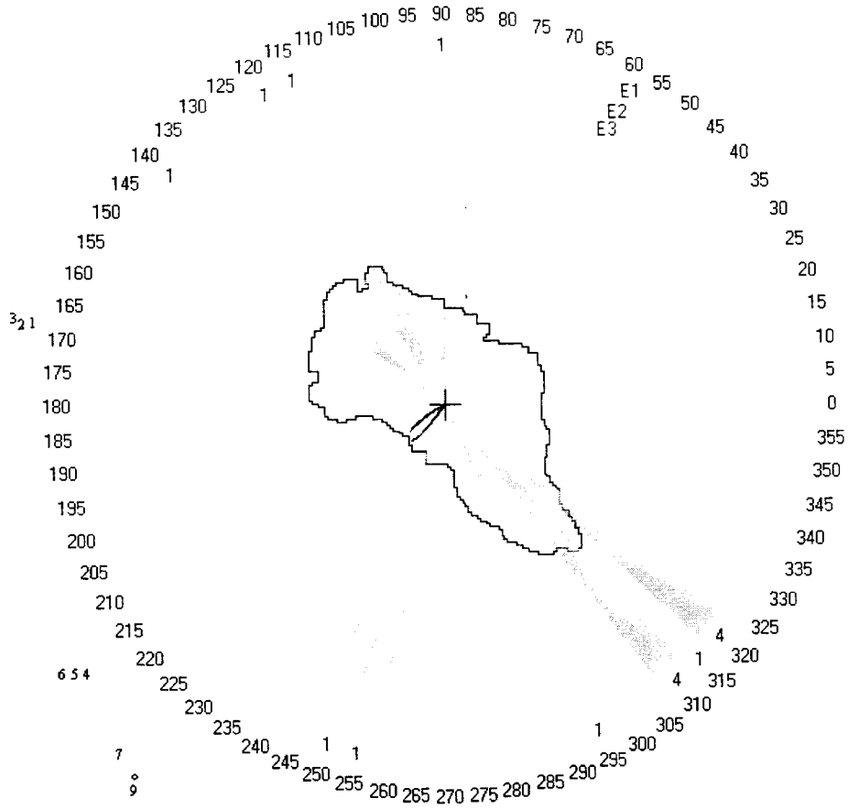


Figura ApVII.36: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA F.

Tabela ApVII.111: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA F.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	168. 4	168. 9	168. 4	216. 5	215. 6	214. 6	226. 4	229. 9	230. 5
Erros (graus)	144. 6	144. 1	144. 6	96. 5	97. 4	98. 4	86. 6	83. 1	82. 5

Tabela ApVII.112: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA F.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	58. 9	58. 9	58. 9
Erros (graus)	105. 9	105. 9	105. 9

Tabela ApVII.113: Grupos da imagem estímulo FORMA F.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	295 - 320	115 - 140	250 - 255	90 - 90
N.A.	16	10	3	2	1
μ (graus)	256. 25	313	125	252. 5	90
σ_e (graus)	83. 84	7. 48	10. 8	2. 5	0

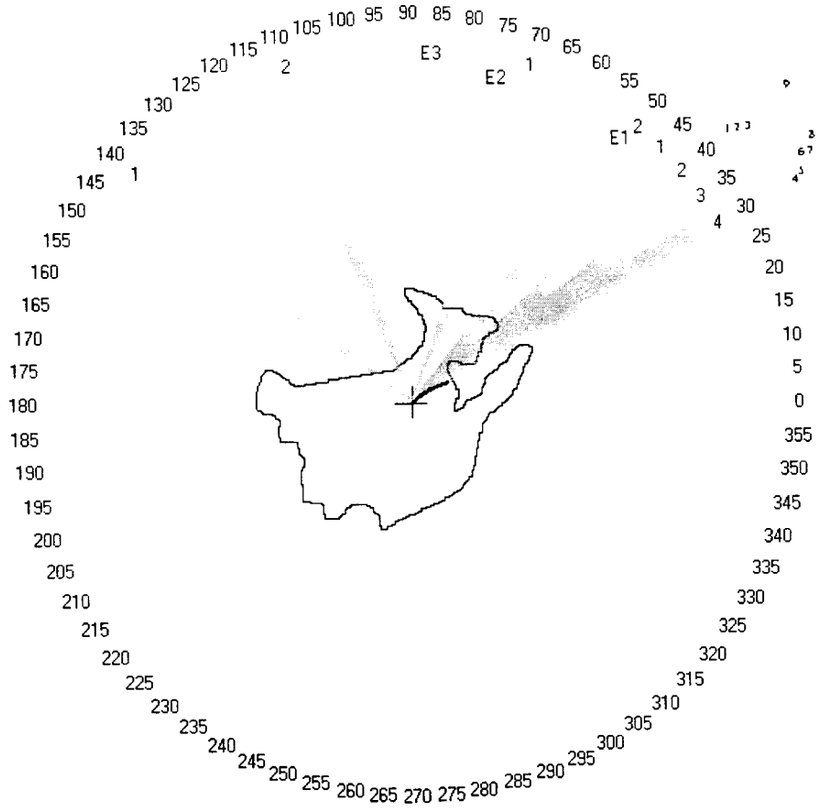


Figura ApVII.37: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA G.

Tabela ApVII.114: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA G.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	39. 71	39. 17	38. 47	29. 41	29. 83	31. 79	31. 4	32. 82	39. 3
Erros (graus)	2. 21	1. 67	0. 97	8. 09	7. 67	5. 71	6. 1	4. 68	1. 8

Tabela ApVII.115: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA G.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	51. 2	74. 8	86. 4
Erros (graus)	13. 7	37. 3	48. 9

Tabela ApVII.116: Grupos da imagem estímulo FORMA G.

Grupos	Geral	1	2	3
Faixa (graus)	0 - 360	30 - 50	110 - 140	70 - 70
N.A.	16	12	3	1
μ (graus)	55	37. 5	120	70
σ_e (graus)	33. 35	7. 22	14. 14	0

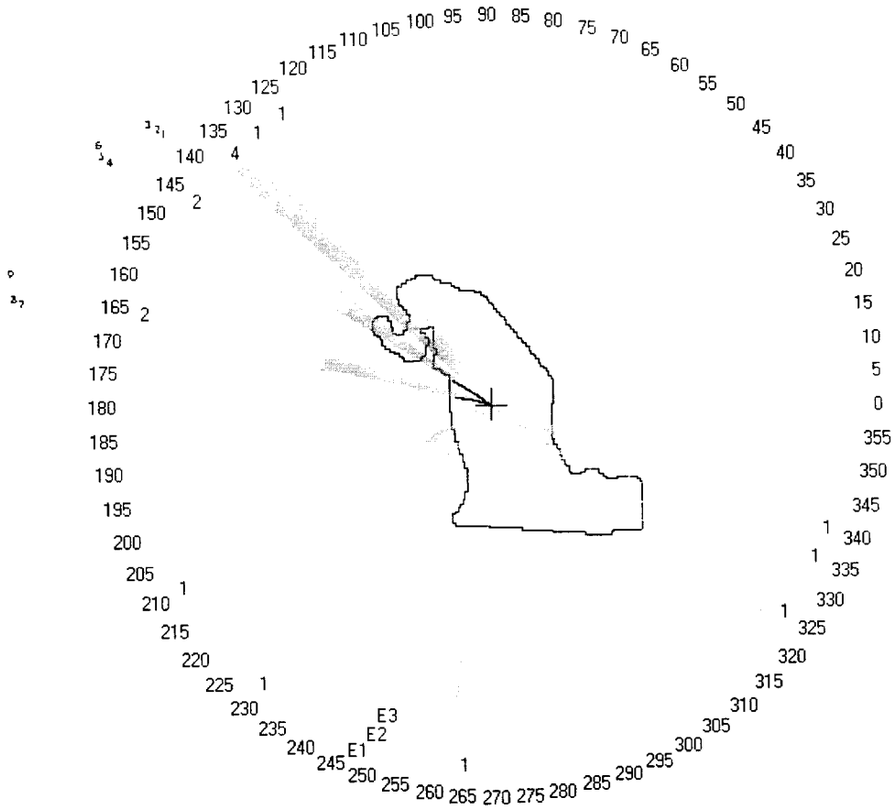


Figura ApVII.38: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA H.

Tabela ApVII.117: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA H.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	140	140	140. 2	147. 3	147	146. 2	167. 6	167. 2	164. 5
Erros (graus)	1. 5	1. 5	1. 3	5. 8	5. 5	4. 7	26. 1	25. 7	23

Tabela ApVII.118: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA H.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	247. 9	249. 8	250. 3
Erros (graus)	106. 4	108. 3	108. 8

Tabela ApVII.119: Grupos da imagem estímulo FORMA H.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	125 - 165	325 - 340	210 - 230	265 - 265
N.A.	16	10	3	2	1
μ (graus)	195	141. 5	333. 33	220	265
σ_e (graus)	76. 73	13. 05	6. 24	10	0

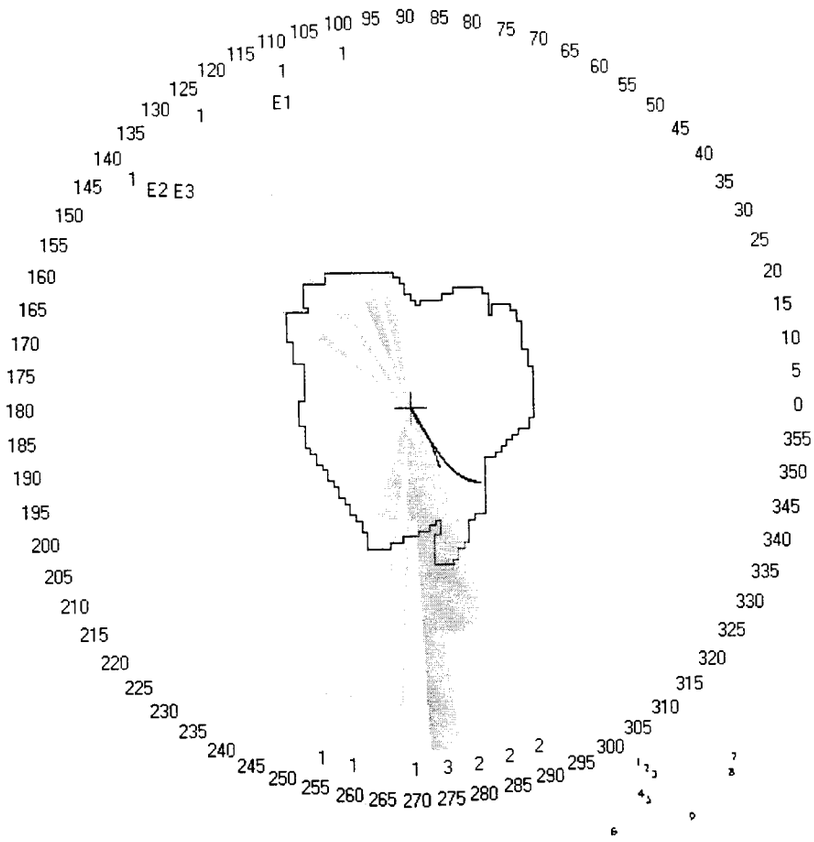


Figura ApVII.39: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA I.

Tabela ApVII.120: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA I.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	302. 4	303	303. 4	300. 5	300. 9	295. 2	312. 6	311	304. 3
Erros (graus)	25. 73	26. 33	26. 73	23. 83	24. 23	18. 53	35. 93	34. 33	27. 63

Tabela ApVII.121: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA I.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	112. 5	138. 9	135. 9
Erros (graus)	164. 2	137. 8	140. 8

Tabela ApVII.122: Grupos da imagem estímulo FORMA I.

Grupos	Geral	1	2
Faixa (graus)	0 - 360	255 - 290	100 - 140
N.A.	16	12	4
μ (graus)	237. 19	276. 67	118. 75
σ_g (graus)	69. 39	10. 47	15. 16

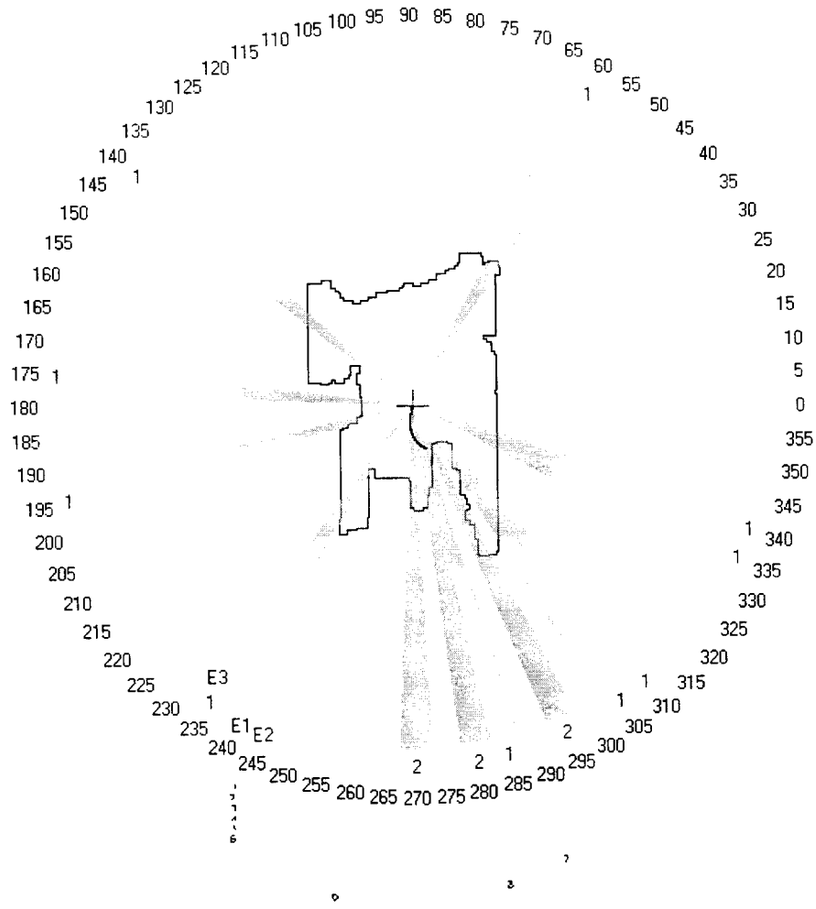


Figura ApVII.40: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA J.

Tabela ApVII.123: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA J.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	244. 7	245	245. 6	246. 3	246. 7	247. 1	288. 4	281. 3	260. 5
Erros (graus)	43. 08	42. 78	42. 18	41. 48	41. 08	40. 68	0. 62	6. 48	27. 28

Tabela ApVII.124: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA J.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	240. 9	244. 6	233. 3
Erros (graus)	96. 6	92. 9	104. 2

Tabela ApVII.125: Grupos da imagem estímulo FORMA J.

Grupos	Geral	1	2	3	4	5
Faixa (graus)	0 - 360	270 - 310	335 - 340	175 - 195	140 - 140	60 - 60
N.A.	16	9	2	2	1	1
μ (graus)	254. 38	287. 78	337. 5	185	140	60
σ_g (graus)	73. 57	13. 56	2. 5	10	0	0

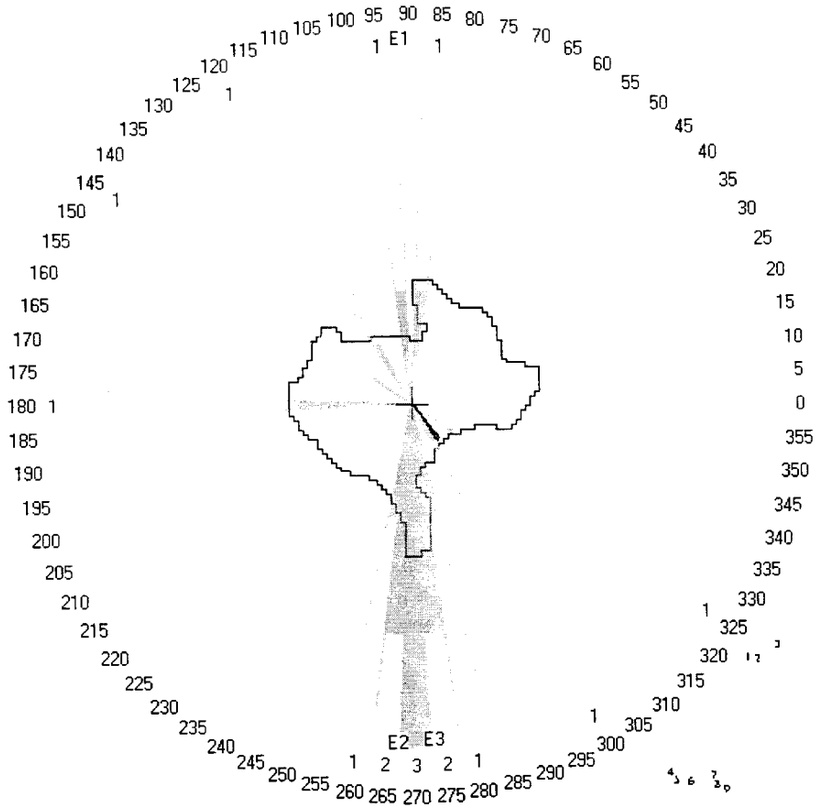


Figura ApVII.41: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA K.

Tabela ApVII.126: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA K.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	323	323. 5	326. 5	305	305. 1	306. 3	309	308. 6	309. 2
Erros (graus)	53	53. 5	56. 5	35	35. 1	36. 3	39	38. 6	39. 2

Tabela ApVII.127: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA K.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	91. 4	266. 7	273. 0
Erros (graus)	178. 6	3. 3	3. 0

Tabela ApVII.128: Grupos da imagem estímulo FORMA K.

Grupos	Geral	1	2	3	4	5
Faixa (graus)	0 - 360	260 - 280	85 - 95	120 - 145	300 - 325	180 - 180
N.A.	16	9	2	2	2	1
μ (graus)	230	270	90	132. 5	312. 5	180
σ_e (graus)	74. 87	5. 77	5	12. 50	12. 5	0

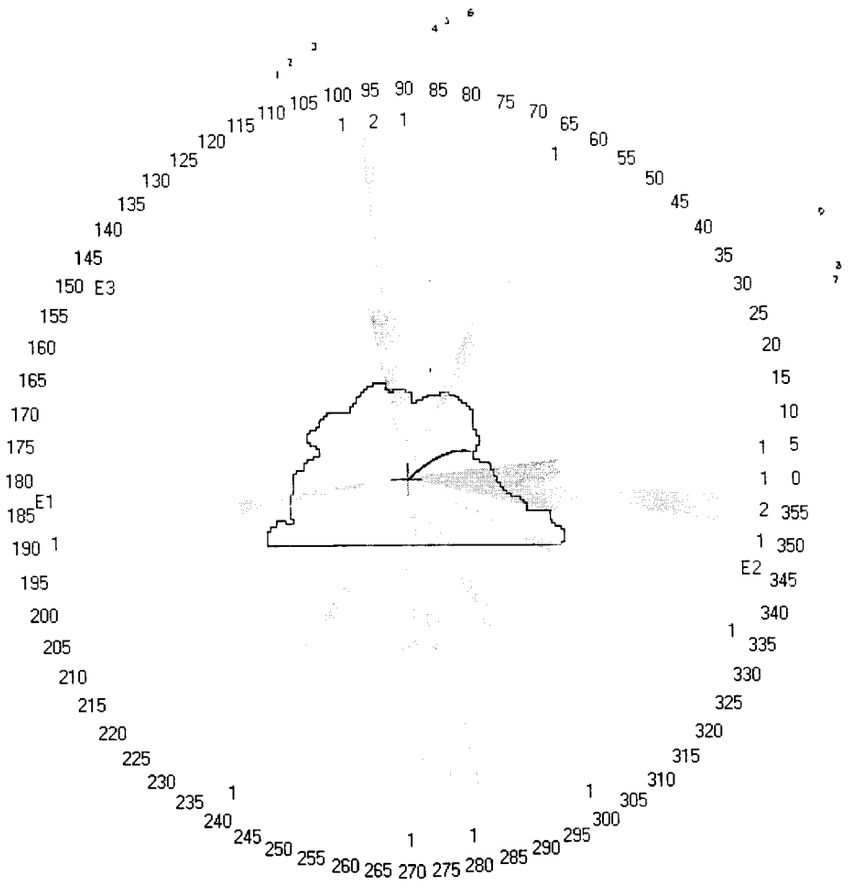


Figura ApVII.42: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA L.

Tabela ApVII.129: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA L.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	107. 1	105. 1	101. 4	85. 64	84. 09	81. 41	24. 3	25. 61	32. 02
Erros (graus)	113. 77	111. 77	108. 07	92. 31	90. 76	88. 08	30. 97	32. 28	38. 69

Tabela ApVII.130: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA L.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	183. 1	345. 5	147. 5
Erros (graus)	170. 2	7. 8	154. 1

Tabela ApVII.131: Grupos da imagem estímulo FORMA L.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	335 - 5	65 - 100	240 - 300	190 - 190
N.A.	16	6	5	4	1
μ (graus)	195. 31	353. 33	89	272. 5	190
σ_e (graus)	125. 46	9. 43	12. 41	21. 65	0

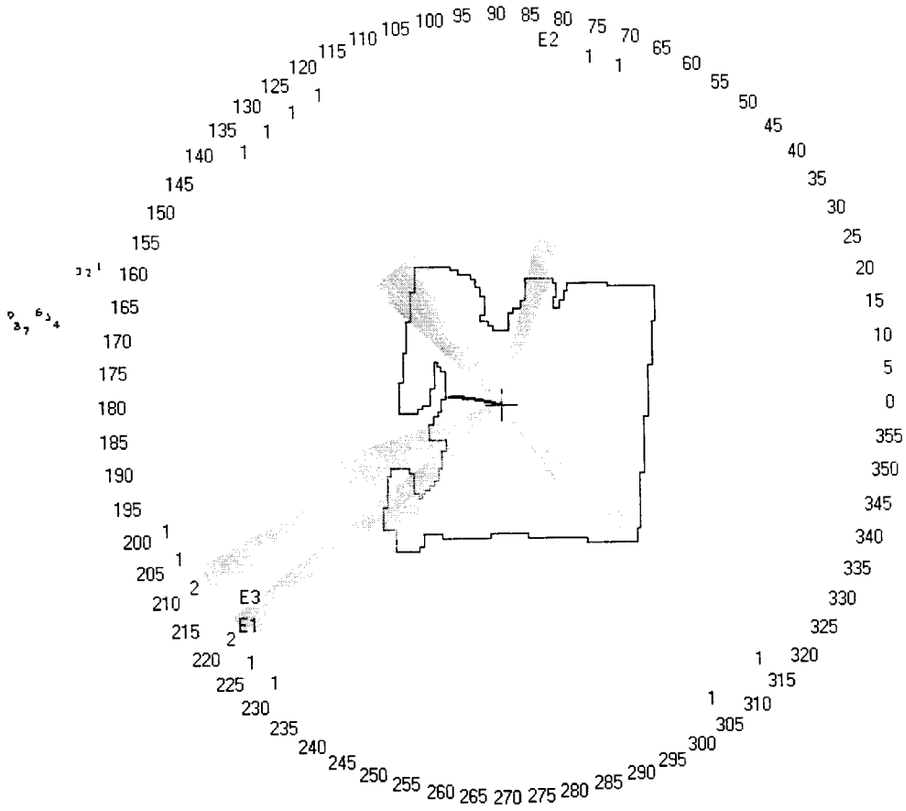


Figura ApVII.43: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA M.

Tabela ApVII.132: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA M.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	160. 5	161. 9	162	169. 4	168. 6	168. 2	170. 8	170. 4	169. 2
Erros (graus)	54. 5	53. 1	53	45. 6	46. 4	46. 8	44. 2	44. 6	45. 8

Tabela ApVII.133: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA M.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	220. 2	81. 9	216. 4
Erros (graus)	5. 2	133. 1	1. 4

Tabela ApVII.134: Grupos da imagem estímulo FORMA M.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	200 - 230	120 - 135	70 - 75	305 - 315
N.A.	16	8	4	2	2
μ (graus)	187. 19	215	127. 5	72. 5	310
σ_e (graus)	69. 75	9. 68	5. 59	2. 5	5

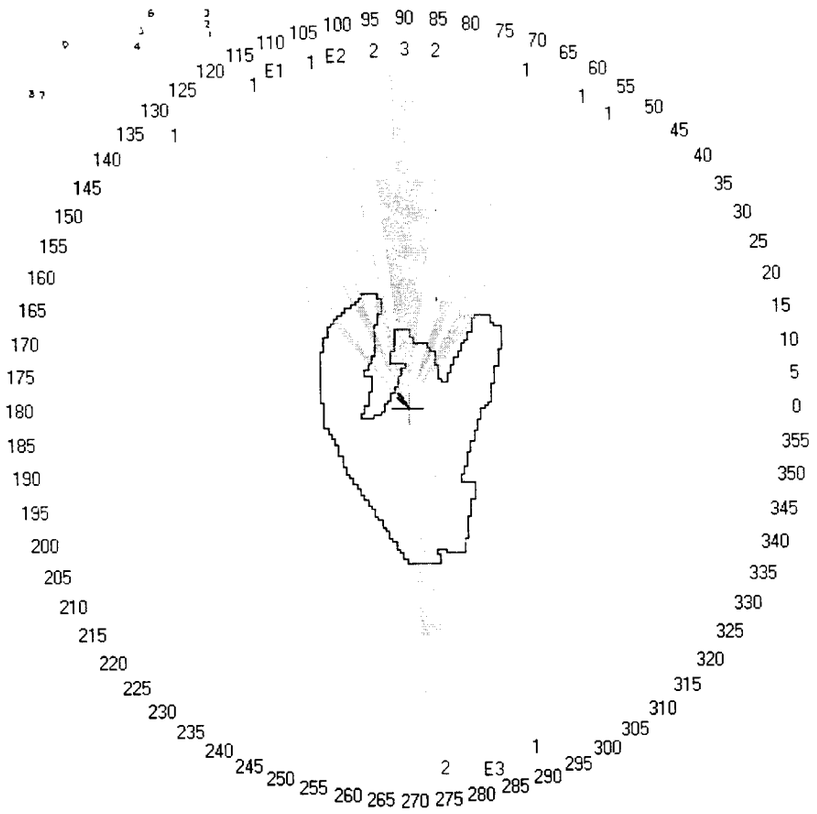


Figura ApVII.44: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA N.

Tabela ApVII.135: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA N.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	117. 2	116. 8	116. 2	126. 2	124. 7	122. 5	139	139. 7	132. 9
Erros (graus)	22. 76	22. 36	21. 76	31. 76	30. 26	28. 06	44. 56	44. 56	38. 46

Tabela ApVII.136: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA N.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	111. 2	101. 3	282. 5
Erros (graus)	16. 7	6. 9	171. 9

Tabela ApVII.137: Grupos da imagem estímulo FORMA N.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	85 - 115	55 - 70	275 - 290	130 - 130
N.A.	16	9	3	3	1
μ (graus)	125. 31	94. 44	61. 67	280	130
σ_g (graus)	76. 47	9. 26	6. 24	7. 07	0

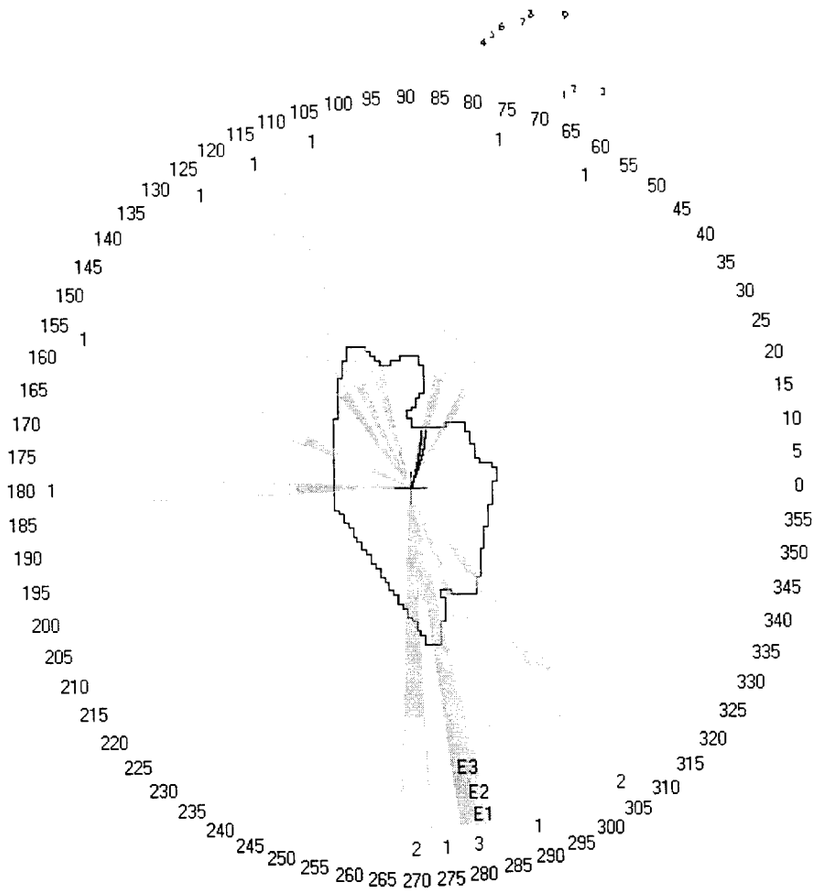


Figura ApVII.45: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA O.

Tabela ApVII.138: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA O.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	67. 43	66. 57	62. 88	79. 51	78. 61	77. 77	75. 22	74. 5	70. 7
Erros (graus)	143. 54	142. 68	138. 99	155. 62	154. 72	153. 88	151. 33	150. 61	146. 81

Tabela ApVII.139: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA O.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	281. 7	281. 8	280. 6
Erros (graus)	2. 2	2. 1	3. 3

Tabela ApVII.140: Grupos da imagem estímulo FORMA O.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	270 - 305	105 - 125	60 - 75	155 - 180
N.A.	16	9	3	2	2
μ (graus)	210. 63	283. 89	115	67. 5	167. 5
σ_e (graus)	87. 5	12. 64	8. 16	7. 5	12. 5

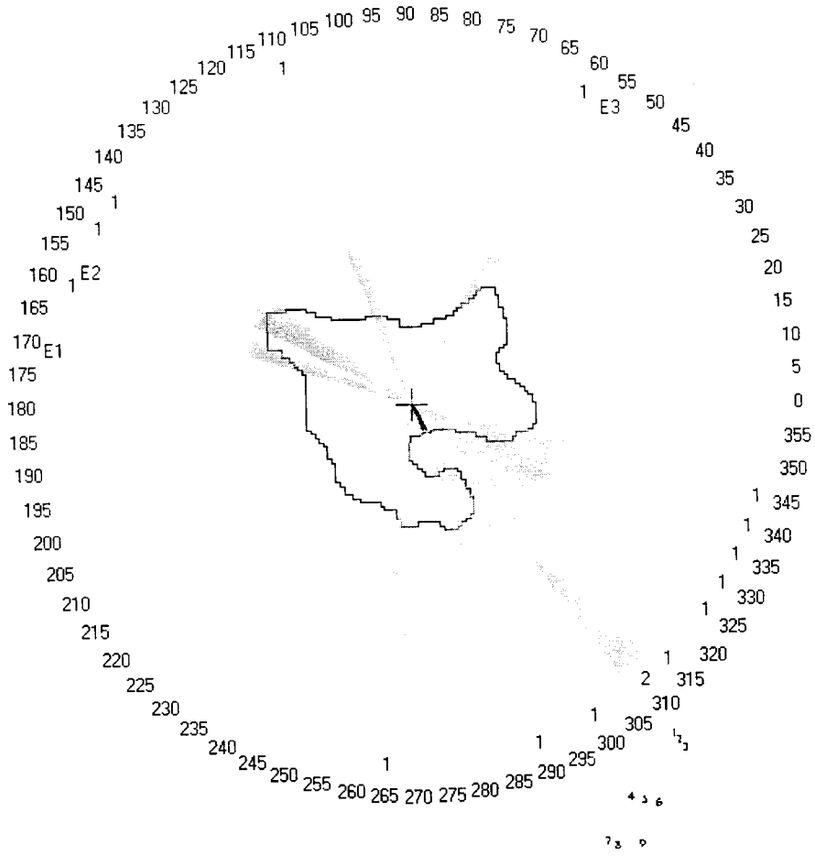


Figura ApVII.46: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA P.

Tabela ApVII.141: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA P.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	308. 4	308. 4	308. 3	298. 9	300. 3	301. 6	293. 9	294. 7	297. 4
Erros (graus)	11. 6	11. 6	11. 7	21. 1	19. 7	18. 4	26. 1	25. 3	22. 6

Tabela ApVII.142: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA P.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	170. 8	157. 0	55. 3
Erros (graus)	149. 2	163. 0	95. 3

Tabela ApVII.143: Grupos da imagem estímulo FORMA P.

Grupos	Geral	1	2	3	4	5
Faixa (graus)	0 - 360	290 - 345	145 - 160	60 - 60	110 - 110	265 - 265
N.A.	16	10	3	1	1	1
μ (graus)	255. 63	320	151. 67	60	110	265
σ_g (graus)	92. 35	17. 03	6. 24	0	0	0

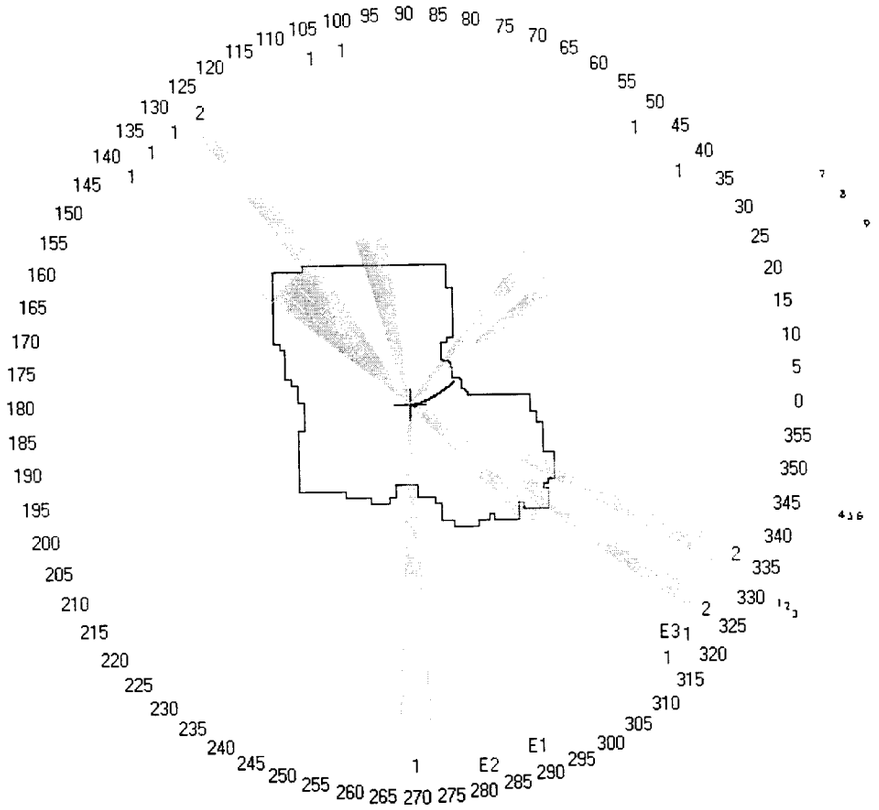


Figura ApVII.47: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA Q.

Tabela ApVII.144: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA Q.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	331. 2	331. 3	331	345	345. 2	345. 5	28. 07	24. 83	20. 55
Erros (graus)	5. 37	5. 47	5. 17	19. 17	19. 37	19. 67	62. 24	59	54. 72

Tabela ApVII.145: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA Q.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	289. 8	281. 3	318. 3
Erros (graus)	36. 0	44. 5	7. 5

Tabela ApVII.146: Grupos da imagem estímulo FORMA Q.

Grupos	Geral	1	2	3	4	5
Faixa (graus)	0 - 360	315 - 335	125 - 140	40 - 50	100 - 105	270 - 270
N.A.	16	6	5	2	2	1
μ (graus)	198. 44	325. 83	131	45	102. 5	270
σ_g (graus)	109. 34	7. 31	5. 83	5	2. 5	0

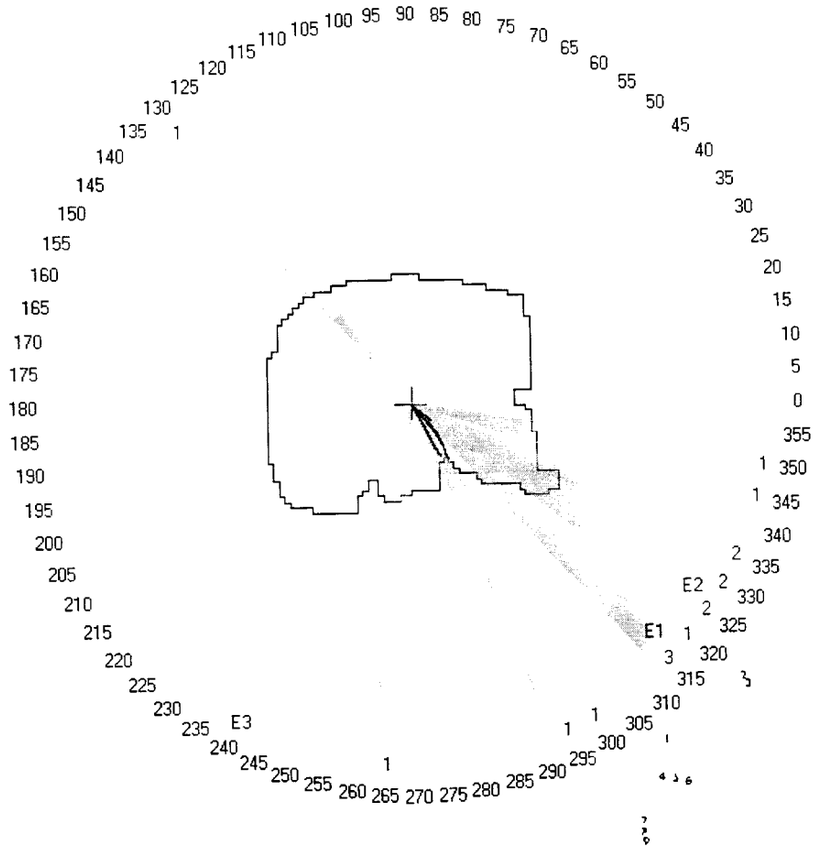


Figura ApVII.48: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA R.

Tabela ApVII.147: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA R.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	307	320. 4	320. 1	303. 4	304. 8	305. 8	298. 7	298. 1	297. 7
Erros (graus)	16. 93	3. 53	3. 83	20. 53	19. 13	18. 13	25. 23	25. 83	26. 23

Tabela ApVII.148: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA R.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	316. 6	326. 8	240. 4
Erros (graus)	7. 3	2. 8	83. 6

Tabela ApVII.149: Grupos da imagem estímulo FORMA R.

Grupos	Geral	1	2	3
Faixa (graus)	0 - 360	295 - 350	130 - 130	265 - 265
N.A.	16	14	1	1
μ (graus)	308. 13	323. 93	130	265
σ_e (graus)	50. 12	14. 9	0	0

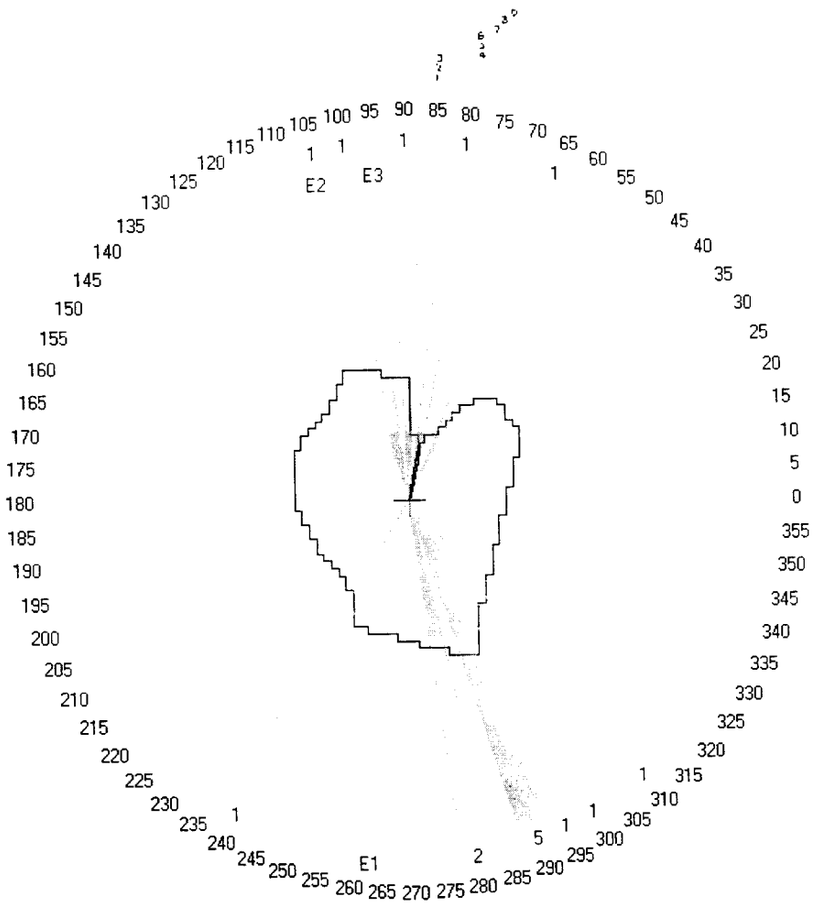


Figura ApVII.49: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA S.

Tabela ApVII.150: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA S.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	84. 93	84. 81	84. 62	79. 32	79. 62	80. 01	78. 08	77. 43	76. 62
Erros (graus)	153. 43	153. 31	153. 12	147. 82	148. 12	148. 51	146. 58	145. 93	145. 12

Tabela ApVII.151: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA S .

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	262. 6	105. 9	95. 8
Erros (graus)	28. 9	174. 4	164. 3

Tabela ApVII.152: Grupos da imagem estímulo FORMA S.

Grupos	Geral	1	2	3
Faixa (graus)	0 - 360	280 - 310	65 - 105	240 - 240
N.A.	16	10	5	1
μ (graus)	224. 69	291. 5	88	240
σ_g (graus)	93. 55	8. 38	14. 35	0

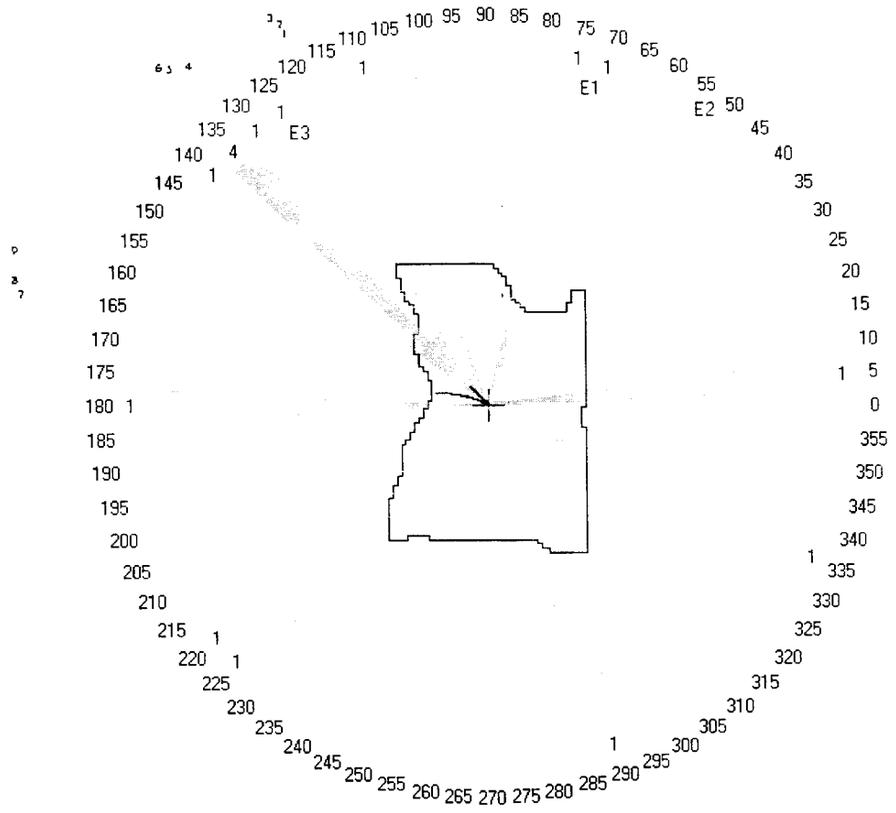


Figura ApVII.50: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA T.

Tabela ApVII.153: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA T.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	118. 4	118. 3	119	131. 3	133. 3	134. 1	166. 6	165. 1	161. 8
Erros (graus)	12. 23	12. 33	11. 63	0. 67	2. 67	3. 47	35. 97	35. 07	31. 17

Tabela ApVII.154: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA T.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	71. 8	53. 3	124. 8
Erros (graus)	150. 7	169. 2	97. 7

Tabela ApVII.155: Grupos da imagem estímulo FORMA T.

Grupos	Geral	1	2	3	4	5
Faixa (graus)	0 - 360	110 - 140	70 - 75	220 - 225	5 - 5	180 - 180
N.A.	16	8	2	2	1	1
μ (graus)	152. 81	130. 63	72. 5	222. 5	5	180
σ_g (graus)	79. 76	8. 82	2. 5	2. 5	0	0

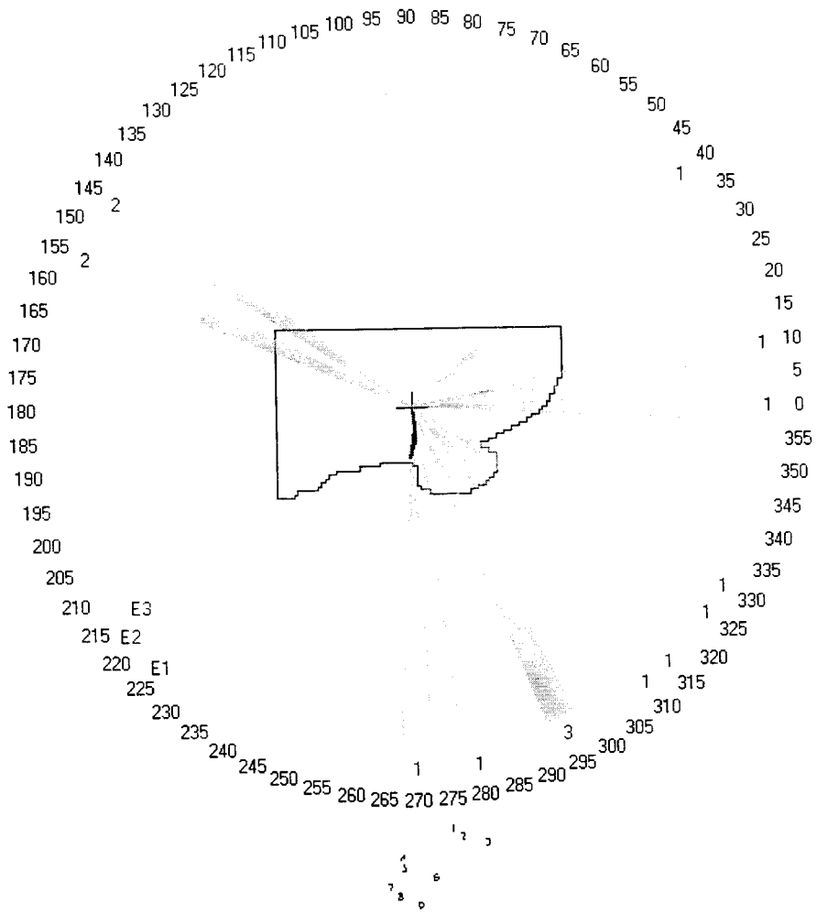


Figura ApVII.51: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA U.

Tabela ApVII.156: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA U.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	275. 1	276. 1	279. 3	268. 2	268. 4	272. 2	266. 7	267. 9	270. 3
Erros (graus)	26. 57	25. 57	22. 37	33. 47	33. 27	29. 47	34. 97	33. 77	31. 37

Tabela ApVII.157: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA U.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	225. 0	218. 3	215. 6
Erros (graus)	76. 7	83. 3	86. 1

Tabela ApVII.158: Grupos da imagem estímulo FORMA U.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	270 - 330	145 - 155	0 - 10	40 - 40
N.A.	16	9	4	2	1
μ (graus)	210. 31	301. 67	150	5	40
σ_e (graus)	113. 56	18. 86	5	5	0

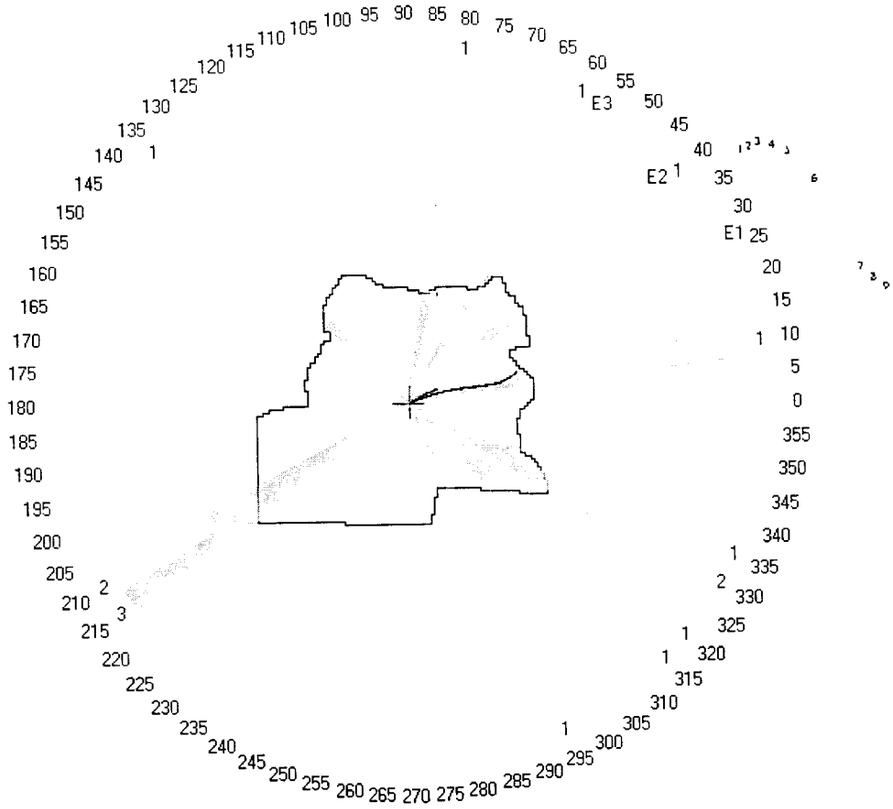


Figura ApVII.52: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA V.

Tabela ApVII.159: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA V.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	36. 23	35. 96	35. 71	34. 37	32. 66	28. 09	16. 09	14. 54	12. 99
Erros (graus)	75. 4	75. 13	74. 88	73. 54	71. 83	67. 26	55. 26	53. 71	52. 16

Tabela ApVII.160: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA V.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	27. 2	41. 7	56. 3
Erros (graus)	66. 4	80. 9	95. 5

Tabela ApVII.161: Grupos da imagem estímulo FORMA V.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	295 - 335	210 - 215	10 - 80	135 - 135
N.A.	16	6	5	4	1
μ (graus)	207. 19	320. 83	213	47. 5	135
σ_g (graus)	108. 58	13. 36	2. 45	25. 86	0

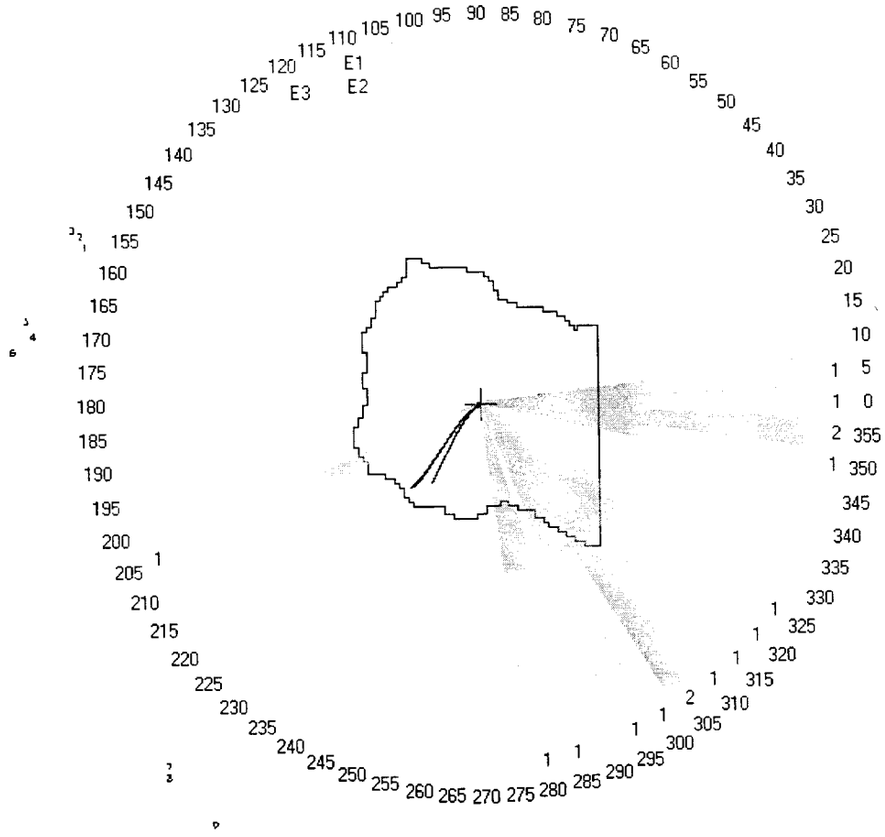


Figura ApVII.53: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA X.

Tabela ApVII.162: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA X.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	158. 1	157	156. 6	171. 3	169. 4	173. 6	229	229. 8	237. 3
Erros (graus)	145. 9	147	147. 4	132. 7	134. 6	130. 4	75	74. 2	66. 7

Tabela ApVII.163: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA X.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	109. 8	110. 7	119. 7
Erros (graus)	165. 8	166. 7	175. 7

Tabela ApVII.164: Grupos da imagem estímulo FORMA X.

Grupos	Geral	1	2	3
Faixa (graus)	0 - 360	280 - 325	350 - 5	205 - 205
N.A.	16	10	5	1
μ (graus)	269. 38	304	357	205
σ_e (graus)	106. 55	13. 75	5. 1	0

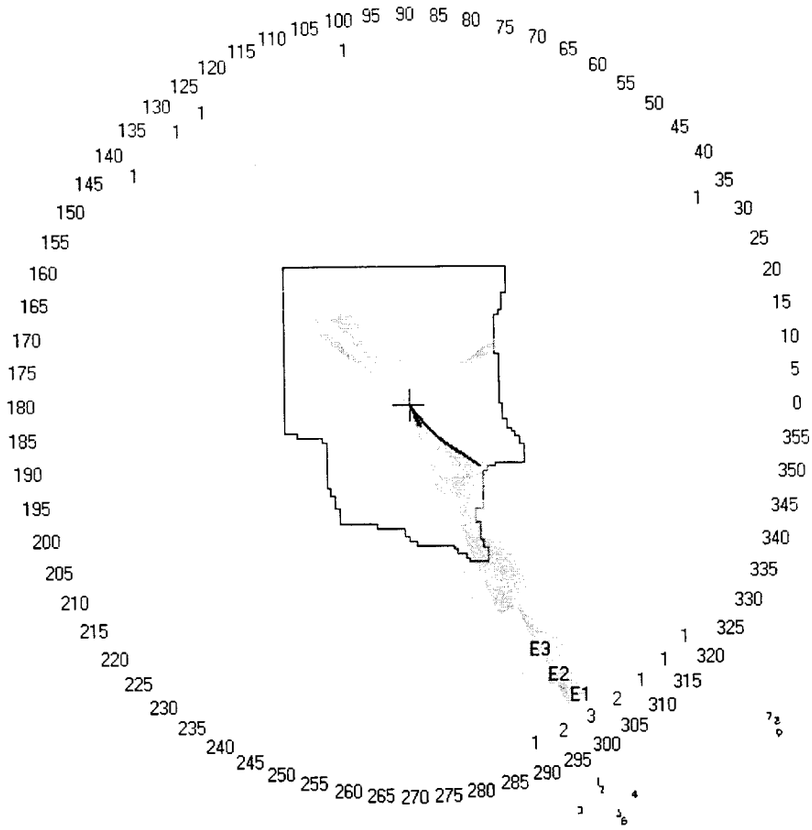


Figura ApVII.54: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA Y.

Tabela ApVII.165: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA Y.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	296. 5	296. 5	292. 7	299. 9	297. 2	297. 2	319	319. 1	318. 3
Erros (graus)	6. 68	6. 68	10. 48	3. 28	5. 98	5. 98	15. 82	15. 92	15. 12

Tabela ApVII.166: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA Y.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	300. 3	298. 7	297. 6
Erros (graus)	2. 9	4. 4	5. 6

Tabela ApVII.167: Grupos da imagem estímulo FORMA Y.

Grupos	Geral	1	2	3	4
Faixa (graus)	0 - 360	290 - 320	125 - 140	35 - 35	100 - 100
N.A.	16	11	3	1	1
μ (graus)	241. 56	303. 18	131. 67	35	100
σ_e (graus)	94. 09	8. 6	6. 24	0	0

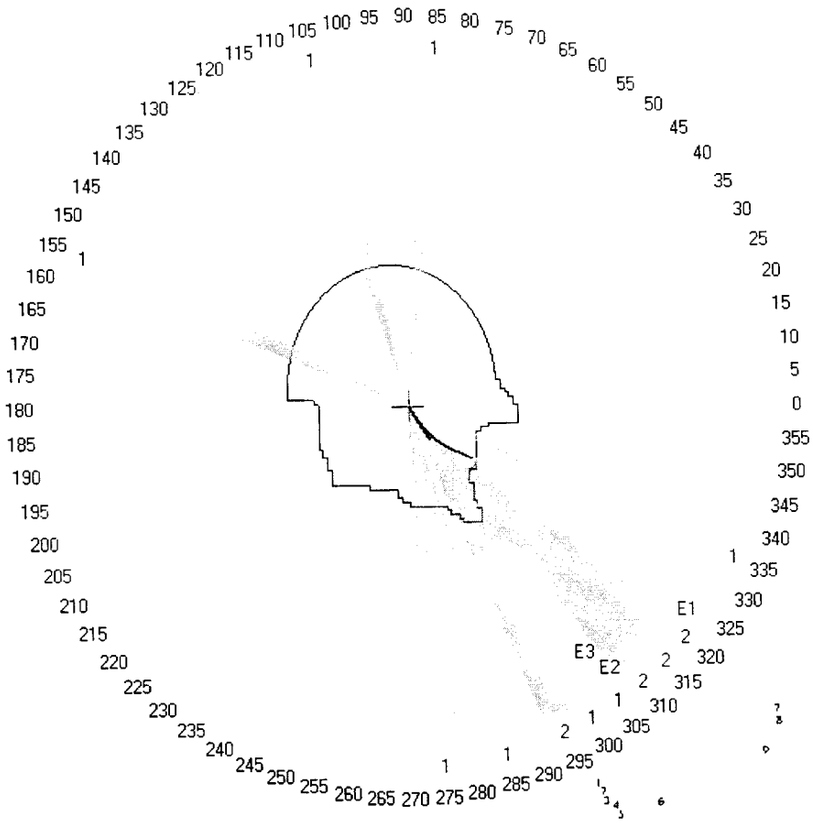


Figura ApVII.55: Histograma Polar da imagem estímulo FORMA Z.

Tabela ApVII.168: Resultado do modelo do Capítulo 4 para imagem estímulo FORMA Z.

Simulações	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Direções (graus)	296. 4	296. 4	296. 3	297. 1	297. 1	302. 3	320. 4	319. 4	315. 8
Erros (graus)	9. 75	9. 75	9. 85	9. 05	9.05	3. 85	14. 25	13. 25	9. 65

Tabela ApVII.169: Resultado do modelo do Capítulo 5 para imagem estímulo FORMA Z.

Valor da Variável W	0. 2 P_e (E1)	0. 1 P_e (E2)	0. 05 P_e (E3)
Direções (graus)	323. 7	307. 0	305. 0
Erros (graus)	17. 6	0. 9	1. 1

Tabela ApVII.170: Grupos da imagem estímulo FORMA Z.

Grupos	Geral	1	2	3
Faixa (graus)	0 - 360	275 - 335	85 - 105	155 - 155
N.A.	16	13	2	1
μ (graus)	270. 31	306. 15	95	155
σ_g (graus)	76. 96	15. 46	10	0

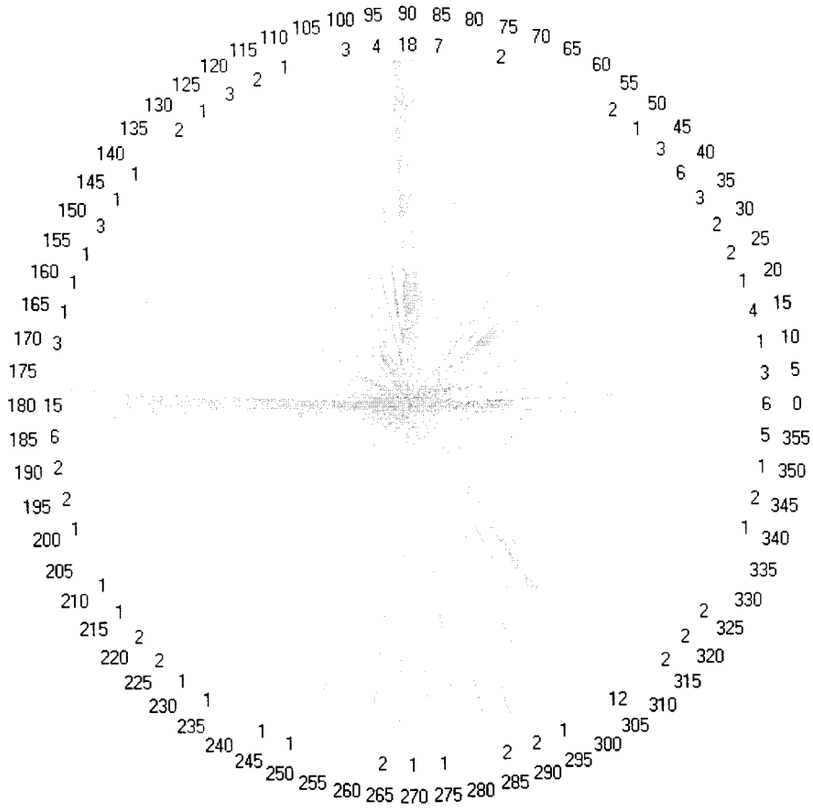


Figura ApVII.56: Histograma Polar da imagem estímulo NULA relacionada com as imagens anteriores.

Tabela ApVII.171: Grupos da imagem estímulo NULA relacionada com as imagens anteriores.

Grupos	Faixa (graus)	N.A.	μ (graus)	σ_g (graus)
Geral	0 - 360	160	156. 38	104. 25
1	340 - 55	43	17. 91	21. 41
2	75 - 100	34	89. 56	5. 47
3	265 - 325	27	300	16. 61
4	180 - 200	26	183. 85	5. 6
5	110 - 170	20	140. 5	20. 06
6	210 - 250	10	227. 5	12. 09