



**Universidade Católica Dom Bosco**  
Curso de Bacharelado em Engenharia de Computação

**Extração de Características Utilizando Filtro  
de Gabor Aplicado à Identificação de Defeitos  
no Couro Bovino**

André Luiz Pasquali

Prof. Orientador: Hemerson Pistori

*Relatório Final submetido como um dos requisitos  
para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
de Computação.*

UCDB - Campo Grande - MS - Novembro/2007

aos meus familiares.

# Resumo

O sistema DTCOURO tem como objetivo automatizar o processo de classificação do couro bovino, utilizando imagens digitais e técnicas de visão computacional, tornando mais eficiente e confiável o processo de classificação do couro. Com isso foram realizados os estudos para a criação de um extrator de atributos baseado nos filtros de Gabor. Os filtros de Gabor são formados por senóides complexas modeladas por uma função Gaussiana também bidimensional. Esses filtros têm como objetivo extrair características de diferentes tipos de texturas presentes em imagens. Os filtros de Gabor permitem a manipulação de diversos parâmetros, como frequência, orientação, excentricidade e simetria. Através dessas várias combinações são formados os bancos de filtros de Gabor. O processo de extração de atributos é realizado através da convolução em duas dimensões de uma imagem com todo o banco de filtros de Gabor. Através dos atributos extraídos pelo módulo foram realizados testes de classificação utilizando um conjunto de imagens do couro bovino nos estágios do Couro Cru e *Wet-Blue*, que apresentavam diferentes tipos de defeitos como: carrapato, risco e marca fogo. Os experimentos foram realizados para determinar os parâmetros ou a configuração do banco de filtros necessário para que se obtenha uma boa taxa de acerto dos algoritmos de classificação.

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>9</b>
2.1	Textura . . . . .	9
2.2	Extração de Atributos . . . . .	10
2.3	Matriz de Co-ocorrência . . . . .	11
2.4	Mapas de Interação . . . . .	12
2.5	Couro Bovino . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Filtros de Gabor</b>	<b>16</b>
3.1	Convolução . . . . .	16
3.2	Filtros de Gabor . . . . .	18
<b>4</b>	<b>Desenvolvimento</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Experimentos, Resultados e Análise</b>	<b>26</b>
5.1	Experimento 1: amostras 19x19 . . . . .	26
5.2	Experimento 2: amostras 25x25 . . . . .	27
5.3	Resultados e Análise . . . . .	29
<b>6</b>	<b>Conclusão</b>	<b>32</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>33</b>

# Lista de Figuras

2.1	Exemplos de textura . . . . .	9
2.2	Exemplo de uma imagem e sua respectiva Matriz de Co-ocorrência. . . . .	11
2.3	Exemplo do processo que calcula o mapa polar de interação. . . . .	12
2.4	(A) Cabeça, (B) Flanco, (C) Grupon . . . . .	14
2.5	Estágios do couro bovino. . . . .	14
2.6	Exemplos de defeitos no estágio <i>Wet-blue</i> . . . . .	14
2.7	Exemplos de defeitos no estágio Couro Cru. . . . .	15
3.1	Exemplo de convolução em 2D . . . . .	17
3.2	Exemplo do resultado da aplicação de um filtro de detecção de borda Figura 3.2(c) em uma imagem. . . . .	18
3.3	Exemplos de variação no valor de $\lambda$ . . . . .	19
3.4	Exemplos de variação no valor de $\theta$ . . . . .	19
3.5	Exemplos de variação no valor de $\sigma$ . . . . .	20
3.6	Exemplos de variação no valor de $\gamma$ . . . . .	20
4.1	Diagrama de blocos do projeto DTCCOURO. . . . .	22
4.2	Método utilizado para geração dos filtros de Gabor. . . . .	22
4.3	Imagem do Extrator . . . . .	23
4.4	Imagem de Teste . . . . .	24
4.5	Resultado . . . . .	24
5.1	Exemplos de segmentações realizadas no couro bovino utilizadas nos experimentos. . . . .	29

# Lista de Tabelas

5.1	Configuração dos métodos Mapas de Interação e Matriz de Co-ocorrência. . . . .	28
5.2	Configuração dos filtros de Gabor no experimento 1. . . . .	28
5.3	Configuração dos filtros de Gabor no experimento 2. . . . .	28
5.4	Resultados do experimento 1. . . . .	30
5.5	Resultados do experimento 2. . . . .	30
5.6	Matriz de Confusão dos filtros de Gabor no estagio <i>Wet-blue</i> experimento 1. . . . .	30
5.7	Matriz de Confusão dos filtros de Gabor no estagio <i>Wet-blue</i> experimento 2. . . . .	31
5.8	Tempo de treinamento dos filtros de Gabor nos experimentos realizados. . . . .	31

# Capítulo 1

## Introdução

Em geral, o couro bovino produzido no Brasil é de baixa qualidade, limitando o desempenho do setor coureiro e dificultando uma melhor cotação do produto no mercado [Gom03]. Hoje o processo de classificação dos defeitos do couro bovino é realizado visualmente por especialistas. Nesse processo existem divergências quanto à classificação do couro, por ser um processo repetitivo e realizado manualmente, tornando comum que ocorram erros durante as análises [YP01].

O Mato Grosso do Sul possui um dos maiores rebanhos bovinos do país, e possui também a melhor classificação das peças de couro do país [BS02]. Mesmo assim, grande parte do couro ainda é classificada como de 5ª e de 6ª, em uma escala de 1ª a 7ª e refugo [BS02]. Grande parte dos problemas com a qualidade do couro se inicia nas fazendas de gado onde ocorrem cerca de 60% dos defeitos, causados principalmente pelo manejo inadequado como, por exemplo, as cercas de arame farpado, marcações em lugares inadequados, os ectoparasitos entre outros. Os outros defeitos ocorrem no transporte do gado até o frigorífico causado por chifradas, farpas presentes na carroceria dos caminhões, e na fase de esfola nos frigoríficos [Gom02, BS02].

Um fator importante é que os produtores de gado não recebem uma remuneração diferenciada pela qualidade do couro do animal. Atualmente, o couro vale cerca de 7 % do valor da arroba do boi [Gom02], fato que não incentiva um manejo adequado com o gado para preservação do couro.

Com o desenvolvimento de um processo automatizado de classificação do couro será possível obter uma classificação consistente e que possa ser utilizada em larga escala. As análises podem ser realizadas a partir de imagens do couro bovino, que serão filtradas e de onde serão extraídas suas características para serem posteriormente classificadas.

O sistema DTCOURO tem como objetivo automatizar o processo de classificação do couro bovino, utilizando imagens digitais e técnicas de visão com-

putacional. Neste trabalho foram estudadas técnicas para a implementação de um módulo do sistema DTCOURO que faça a extração dos atributos de imagens do couro bovino utilizando os filtros de Gabor.

Através dos atributos extraídos pelo módulo foram realizados testes de classificação utilizando um conjunto de imagens do couro bovino que apresentam diferentes tipos de defeitos. Os experimentos foram realizados para determinar os parâmetros ou a configuração do banco de filtros, necessário para que se tenha uma boa taxa de acerto dos algoritmos de classificação.

O texto desse trabalho está dividido em cinco partes. O capítulo 2 oferece uma breve abordagem dos principais conceitos sobre textura, extração de atributos, matriz de co-ocorrência, mapas de interação e o couro bovino. O capítulo 3 apresenta convolução e os filtros de Gabor. O capítulo 4 demonstra todos os passos para o desenvolvimento do módulo de extração de atributos utilizando os filtros de Gabor. O capítulo 5 apresenta os experimentos e resultados obtidos a partir do módulo desenvolvido. Por fim, no capítulo 6 são descritas as conclusões do projeto.



# Capítulo 2

## Fundamentação Teórica

### 2.1 Textura

A textura é um componente que auxilia o sistema visual humano na segmentação e no reconhecimento de objetos ou regiões de interesse [SL06]. A textura pode ser definida como a distribuição espacial dos tons de cinza ou de cor de uma região [IE90], ela pode ser caracterizada como um conceito bidimensional, onde uma região contém a tonalidade de cor e a outra o relacionamento espacial entre as cores. Através de análises realizadas sobre as texturas é possível medir a qualidade de determinados produtos, encontrar defeitos e classificá-los [Sal01]. Na Figura 2.1 podemos ver exemplos de texturas extraídas do álbum de Brodatz [Bro07].

Os atributos de imagem baseados em textura são muito utilizados na representação e na criação de imagens. Uma imagem pode conter diversos segmentos diferentes de textura, estas diferentes formas podem ser úteis na identificação de objetos ou regiões de interesse. Nas imagens do couro bovino

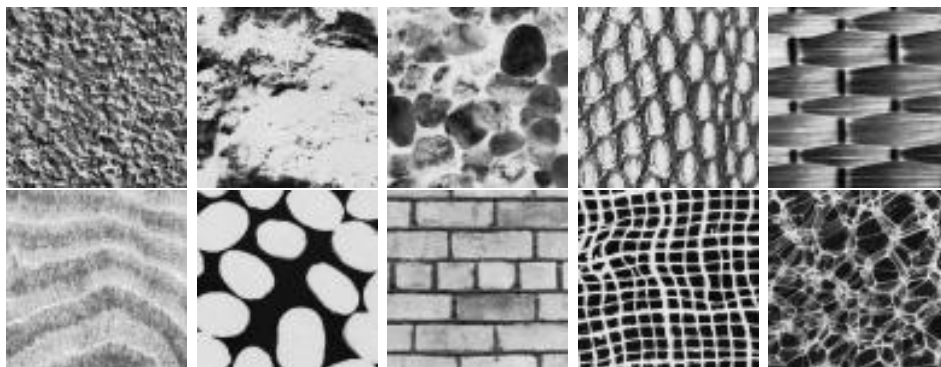


Figura 2.1: Exemplos de textura

análises sobre a textura podem auxiliar no reconhecimento e na classificação de defeitos do couro bovino.

Através dos atributos extraídos das imagens são determinados os critérios de classificação da imagem e o reconhecimento de padrões, indicando uma divisão desses atributos em classes. As classes de cada atributo podem ser definidas de acordo com a entropia (quantidade de informações), variância (medidas de uniformidade) e o contraste (diferenças na intensidade da imagem), mas podem ser utilizados também outros atributos [Lop03].

## 2.2 Extração de Atributos

A extração de atributos tem como objetivo permitir caracterizar objetos semelhantes por valores semelhantes, e objetos distintos por valores distintos [SdFOD03, San07]. A extração de atributos é utilizada para a redução da grande quantidade de informações, para que os dados ou objetos possam ser processados e assim classificados.

No processo de classificação de imagens onde se tem uma grande quantidade de atributos se faz necessária a separação dos atributos irrelevantes dos relevantes de forma a reduzir a quantidade de atributos necessários para a classificação das imagens.

Segundo [CW98], podemos agrupar os atributos em três categorias. A primeira categoria contém os atributos espectrais que se relacionam com a energia emitida ou refletida. Na segunda categoria estão os atributos descritos através de sua região ou vizinhança e não apenas do seu valor individual. Na terceira categoria estão os atributos espaciais descritos por forma, dimensão e textura.

A extração de atributos é um fator importante para diminuir a quantidade de informações, mas é preciso identificar quais os tipos de atributos que caracterizam melhor determinados objetos. Esta discriminação geralmente é realizada medindo o ganho de informação referente a cada atributo. A seguir são descritas algumas medidas de similaridade que podem ser extraídas como atributos.

**Assimetria** A assimetria descreve o grau de alongamento de um objeto através do menor,  $n$ , e o maior,  $m$ , eixo da elipse que engloba o objeto [San07],

$$k = 1 - \frac{n}{m}.$$

**Densidade** Um outro atributo de forma é a densidade que pode ser calculada através da seguinte fórmula [San07],

$$d = \frac{\sqrt{n}}{1 + \sqrt{\text{Var}(x) + \text{Var}(y)}},$$

onde  $n$  é o número de *pixels* que forma o objeto,  $\text{Var}(x)$  e  $\text{Var}(y)$  são as variâncias das coordenadas  $x$  e  $y$ .

## 2.3 Matriz de Co-ocorrência

O método de extração de atributos das Matrizes de Co-ocorrência tem como objetivo principal descrever textura de acordo com a ocorrência de cada nível de cinza dos *pixels* da imagem considerando múltiplas direções, possibilitando assim a extração de características de texturas da imagem como rugosidade, granularidade, aspereza, regularidade, entre outras [JC04].

A Matriz de Co-ocorrência de uma imagem é criada de acordo com a quantidade de tons de cinza presentes na imagem, a partir desses tons de cinza é gerada uma matriz com o mesmo número de linhas e colunas correspondentes aos tons de cinza. Nessa matriz é computada quantas vezes um par de valores ocorre na imagem dado um ângulo  $\alpha$  e uma distância  $d$ .

A Figura 2.2(a) representa uma imagem com 3 tons de cinza 0, 1 e 2. Na Figura 2.2(b) temos a matriz de Co-ocorrência da Figura 2.2(a) utilizando a direção 0 e a distância 1, onde os valores armazenados na linha  $i$  e coluna  $j$  da Figura 2.2(b), consistem no número de vezes que um *pixel* de valor  $i$  possui como vizinho um *pixel* de valor  $j$  à esquerda ou à direita na Figura 2.2(a).

0	0	0	1	2
1	1	0	1	1
2	2	1	0	0
1	1	0	2	0
1	0	1	0	0

(a) Imagem

	0	1	2
0	8	8	2
1	8	6	2
2	2	2	2

(b) Matriz de Co-ocorrência

Figura 2.2: Exemplo de uma imagem e sua respectiva Matriz de Co-ocorrência.

## 2.4 Mapas de Interação

Os Mapas de Interação assim como Matriz de Co-ocorrência são calculados de acordo com os tons de cinza presentes na imagem e permitem a análise de atributos como entropia, dissimilaridade, contraste, momento da diferença inversa, segundo momento angular e diferença inversa de uma imagem [Che96].

Os Mapas de Interação são calculados a partir do módulo da diferença entre pares de tons de cinza presentes na imagem alvo, dado um ângulo  $\alpha$  e uma distância  $d$  e armazenar esse valor em uma matriz que é conhecida como mapa polar de interação. Os mapas polares são formados por colunas que representam as variações de ângulo utilizadas e as linhas representando as distâncias utilizadas.

Como pode ser visto na Figura 2.3(a) de acordo com o valor de  $\alpha$  e a distância determinada  $d$  o valor do mapa polar é calculado através da interpolação dos *pixels* vizinhos do *pixel* em questão e o valor é armazenado no mapa polar na posição  $(\alpha_i, d_j)$ , esse processo é realizado até que a varredura na imagem seja concluída.

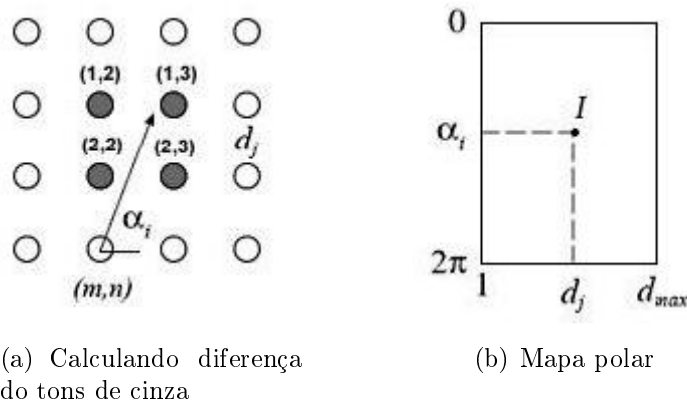


Figura 2.3: Exemplo do processo que calcula o mapa polar de interação.

## 2.5 Couro Bovino

O couro bovino é matéria prima nobre e amplamente utilizado na confecção de diversos objetos tais como: bolsas, cintos, malas, calçados entre outros. A boa aparência de produtos fabricados usando couro depende das suas regiões que não apresentam defeitos, ou seja, características na superfície do couro que possam prejudicar a aparência final do produto[BS02].

O couro bovino é composto de duas partes importantes: a flor e a carnal. A flor é a parte externa do couro que é submetida a tratamentos especiais. A parte carnal é a parte interna, fibrosa, que às vezes recebe tratamento para substituir a flor. O couro é considerado de boa qualidade quando apresenta fibras consistentes, elasticidade, boa aparência e facilidade de manipulação[SIN07].

Existem diversos estágios de manufatura do couro como: Couro Cru, Couro Salgado, *Wet-blue*, *Crust* e acabado [BS02, Gom02]. Entretanto neste trabalho serão descritos apenas dois estágios do couro: Couro Cru e *Wet-blue*, pois esses estágios são os mais produzidos na região de Mato Grosso do Sul facilitando assim o acesso às imagens para teste.

O Couro Cru é o couro em sua fase inicial, que ainda não passou por nenhum tipo de processamento ou curtimento. *Wet-blue* é o couro já obtido na fase de pré curtimento, onde o couro ainda úmido recebe um banho de cromo que deixa-o com um tom azulado [BS02]. A Figura 2.5 ilustra os estágios do Couro Cru e *Wet-blue* acima descritos.

Na classificação Brasileira o couro bovino é dividido em três regiões: flanco, cabeça e grupon. A região que contém o couro de melhor qualidade é o grupon, parte que compreende o lombo do animal, onde o couro apresenta um conjunto uniforme de fibras o que proporciona uma melhor durabilidade ao material. A região da cabeça contém um couro mais grosso e rugoso [Amo06]. A região do flanco é onde se encontra um couro mais frágil, pois suas fibras apresentam textura sem uniformidade. A Figura 2.4 mostra essas divisões [Amo06]

A baixa qualidade do couro bovino é causada por inúmeros tipos de defeitos, dentre os quais se destacam: berne (furos encontrados no couro, causados pela larva da mosca berne), carrapato (marcas feitas pelo carrapato, que aparecem nas peças de couro que não tem a flor lixada), cortes de esfolia (cortes que aparecem no couro, às vezes não o transpassado, causados por faca, quando é retirado o couro do animal abatido), marca fogo (defeito causado pelas marcas de identificação do animal, que causam grandes prejuízos no couro se realizados de forma inadequada), riscos (defeitos causados normalmente por chicote ou arame farpado, e que aparecem na flor do couro), veias (defeito causado por artérias do animal, que por problemas de estrutura se alargam e ficam perto da flor, aparecendo após o curtimento) [Mic03, SIN07]. A Figura 2.7 mostra alguns tipos de defeitos encontrados em Couro Cru e a Figura 2.6 mostra alguns defeitos em *Wet-blue*.

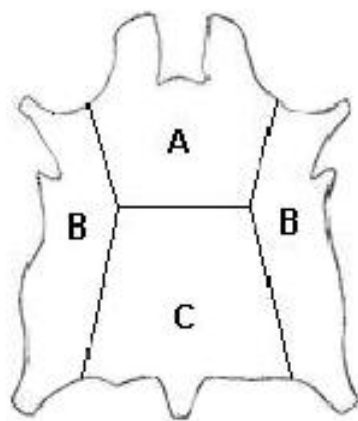
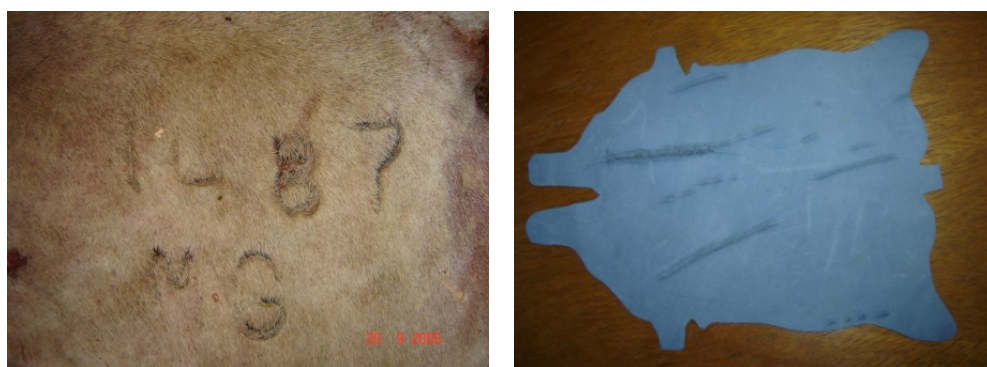


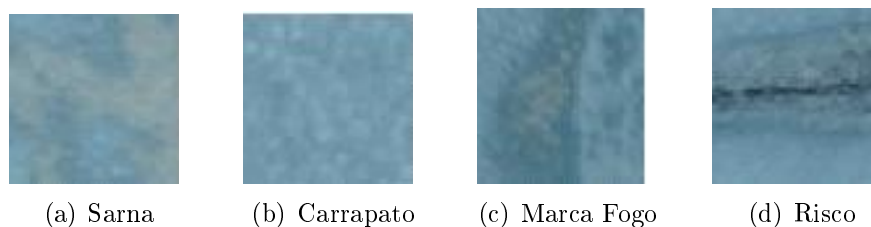
Figura 2.4: (A) Cabeça, (B) Flanco, (C) Grupon



(a) Couro Cru

(b) *Wet-blue*

Figura 2.5: Estágios do couro bovino.



(a) Sarna

(b) Carrapato

(c) Marca Fogo

(d) Risco

Figura 2.6: Exemplos de defeitos no estágio *Wet-blue*.

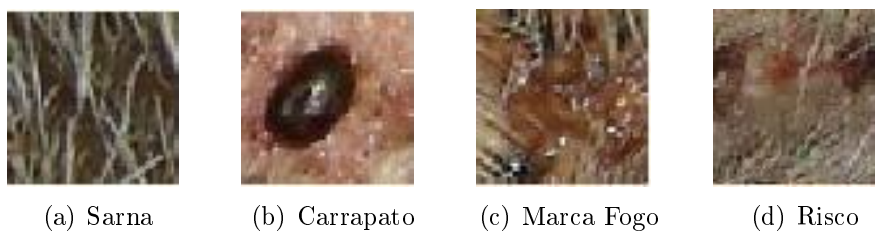


Figura 2.7: Exemplos de defeitos no estágio Couro Cru.

# Capítulo 3

## Filtros de Gabor

Este capítulo descreve inicialmente o processo de convolução e posteriormente os filtros de Gabor, o processo de convolução é um importante passo para realizar a extração de atributos utilizando os filtros de Gabor, a partir das respostas obtidas da convolução entre um núcleo de Gabor e uma imagem é realizada a extração dos atributos.

### 3.1 Convolução

Convolução é o processo matemático que através de duas funções  $I(x)$  e  $H(x)$  gera uma terceira função como resultado  $R(x)$ . A convolução é utilizada na aplicação de filtros como passa alta utilizado para suavização, filtro passa baixa utilizado para a detecção de bordas (Figura 3.2), além de outros filtros[Bol04].

Convolução é uma das operações mais comuns realizadas no domínio do espaço sobre imagens  $I(x,y)$ [SIN07], onde um núcleo  $N(x,y)$  é multiplicado para cada *pixel* com sua vizinhança em uma pequena região, os resultados somados e a soma ponderada é armazenada na posição equivalente da imagem resultante. Este processo se repete para todos os *pixels* da imagem. A Figura 3.1 mostra um exemplo de convolução em duas dimensões.

A função de convolução em duas dimensões é determinada por

$$H(x, y) = \sum_{j=0}^{height-1} \sum_{i=0}^{width-1} I(x + i, y + j) * N(i, j),$$

onde  $H(x,y)$  representa a resposta da imagem  $I(x,y)$  ao núcleo  $N(x,y)$



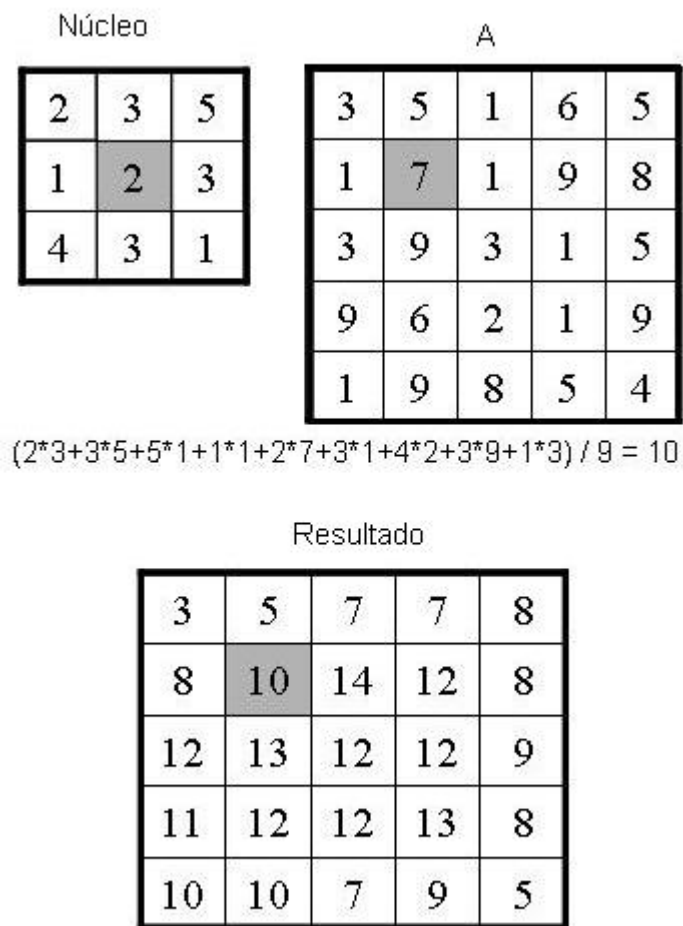


Figura 3.1: Exemplo de convolução em 2D



Figura 3.2: Exemplo do resultado da aplicação de um filtro de detecção de borda Figura 3.2(c) em uma imagem.

## 3.2 Filtros de Gabor

Os filtros de Gabor têm sido utilizados para a representação de imagens. Através de um conjunto de classes de funções de Gabor é possível representar de forma completa qualquer tipo de imagem. Essas classes de funções são geradas a partir de uma função de Gabor principal[MD03],[KPG99].

Geralmente, quando se trabalha com imagens as funções utilizadas nos filtros de Gabor são senóides complexas e bidimensionais modeladas por uma função Gaussiana também bidimensional. Essas funções têm como objetivo extrair atributos para caracterizar diferentes tipos de texturas presentes na imagem, que são descritas pela frequência e orientação já definidas pelas funções senoidais[BE06].

Os filtros de Gabor ou núcleos de Gabor permitem a manipulação de diversos parâmetros como frequência, orientação, excentricidade e simetria. Através dessas várias combinações são formados os bancos de filtros de Gabor[JCH04].

Para a implementação dos filtros de Gabor foi utilizado a seguinte família de funções de Gabor [KPG99].

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right) \quad (3.1)$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta \quad y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (3.2)$$

Os parâmetros dos filtros de Gabor possuem as seguintes propriedades:  $\lambda$  determina o valor do comprimento de onda no núcleo, a Figura 3.3 mostra algumas variações do valor de  $\lambda$ ;  $\theta$  especifica o ângulo de inclinação das ondas paralelas do filtro, a Figura 3.4 apresenta algumas variações do valor de  $\theta$ ;  $\sigma$  determina o desvio padrão da distribuição normal, e está relacionado com a largura da Gaussiana que modula o filtro, a Figura 3.5 mostra algumas variações do valor de  $\sigma$ ;  $\psi$  determina o tamanho da janela do núcleo;  $\gamma$  determina a excentricidade do núcleo, a Figura 3.6 apresenta algumas alterações do valor de  $\gamma$ . A equação 3.1 gera uma função senoidal modelada por uma função Gaussiana e a equação 3.2 rotaciona a equação 3.1 de acordo com o valor de  $\theta$ .

O processo de filtragem das imagens é dado através da convolução em duas dimensões da imagem  $I(x,y)$  com um núcleo de Gabor  $F(x,y)$ . A imagem é convoluída com todo o banco de Gabor, onde se obtém uma resposta para cada núcleo. Assim são extraídas as características da imagem em cada um do filtros[JCH04].

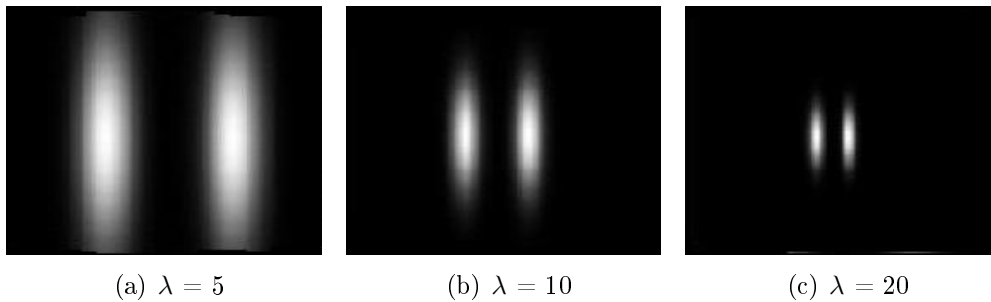


Figura 3.3: Exemplos de variação no valor de  $\lambda$ .

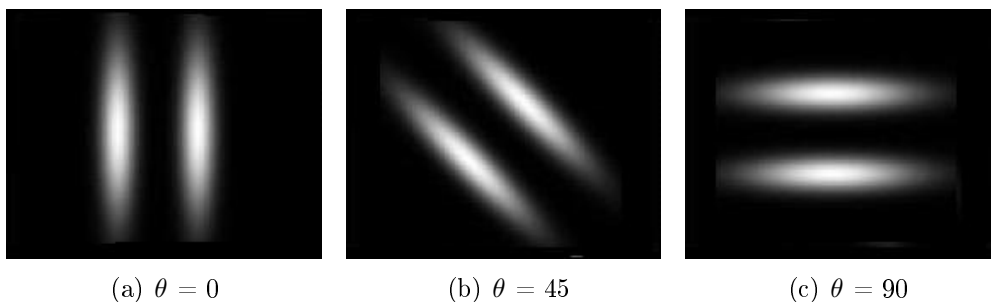


Figura 3.4: Exemplos de variação no valor de  $\theta$ .

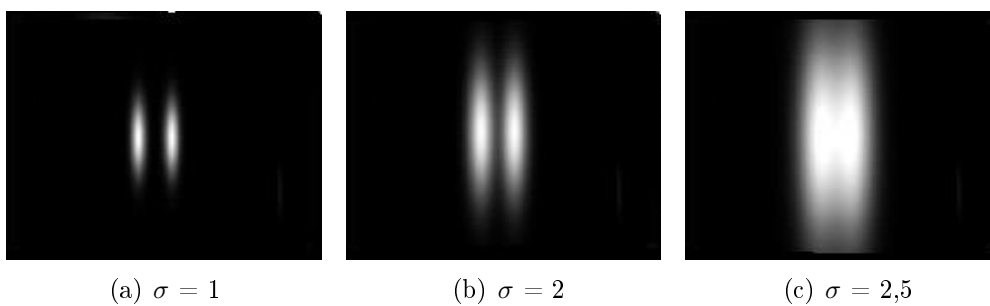


Figura 3.5: Exemplos de variação no valor de  $\sigma$ .

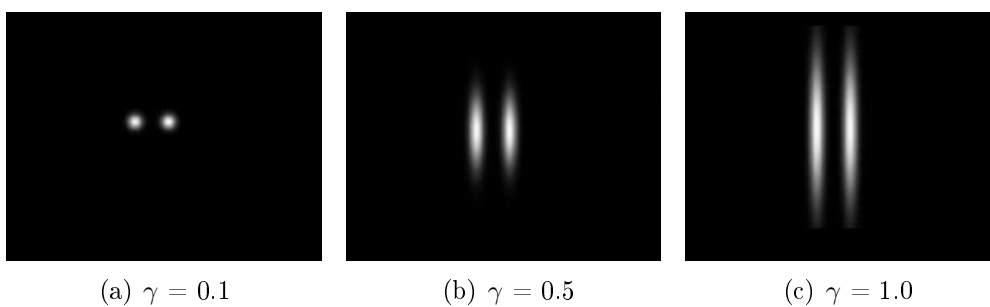


Figura 3.6: Exemplos de variação no valor de  $\gamma$ .

# Capítulo 4

## Desenvolvimento

O projeto DTCOURO é composto por vários módulos como: módulo de segmentação de imagens, utilizado para segmentar manualmente as regiões de interesse da imagem; módulo de geração de amostras, utilizado para gerar amostras das segmentações realizadas; módulo de extração de atributos, módulo que utiliza as amostras geradas para realizar a extração de atributos através de métodos de extração como: Mapas de Interação, Matriz de Co-ocorrência e Filtros de Gabor, com os atributos extraídos é gerado o DataSet utilizado para realizar os experimentos. O módulo aqui desenvolvido se insere dentro do módulo de extração de atributos do projeto DTCOURO, a Figura 4.1 apresenta graficamente os módulos acima citados.

O módulo de extração foi desenvolvido com o objetivo de permitir uma melhor manipulação do banco de filtros de Gabor, permitindo assim que o mesmo seja utilizado não apenas para o couro bovino, mas também em outras aplicações. A interface do módulo desenvolvido se tornou uma ferramenta didática que permite um melhor entendimento dos filtros de Gabor. Com ela é possível visualizar o banco de filtro Gabor e os resultados da convolução dos núcleos com a imagem do couro bovino ou outra imagem qualquer.

O módulo de extração implementado pode ser descritos em duas etapas uma etapa onde são gerados os filtros, a Figura 4.2 mostra a função que calcula os valores que geram o filtro; e uma segunda etapa que realiza a convolução de cada um dos filtros com uma imagem.

A interface do módulo permite que todos os parâmetros dos filtros de Gabor possam ser alterados. A geração de diferentes configurações viabiliza a busca de um conjunto adequado de filtros para extrair atributos que caracterizem os diferentes tipos de defeitos presentes no couro bovino. O módulo desenvolvido foi integrado à biblioteca de extrator de atributos do projeto Sigus. Para isso, foram necessárias algumas alterações no módulo inicial, pois algumas funcionalidades estavam fora dos padrões do projeto.

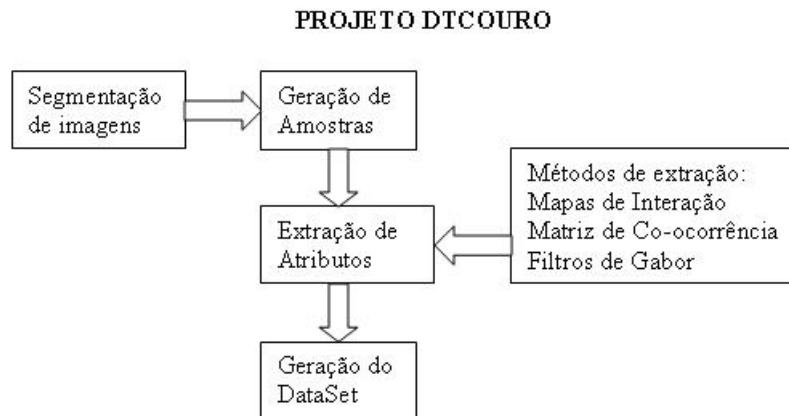


Figura 4.1: Diagrama de blocos do projeto DTCOURO.

```

public float Gabor(float x, float y, float vlambdas, float vtheta, float vphi, float vsigma, float vgamma){
    double x1, y1;
    double componente_harmonica, componente_gaussiana;
    double lambda = vlambdas;
    double phi = vphi;
    double theta = Math.toRadians(vtheta);
    double sigma = vsigma;
    double gamma = vgamma;

    double cos = Math.cos(theta);
    double sen = Math.sin(theta);
    x1 = (x*cos + y*sen);
    y1 = (-x*sen + y*cos);
    componente_harmonica = (Math.cos(2*Math.PI*(x1/lambda)+phi));
    componente_gaussiana = (Math.exp(-0.5*(Math.pow(x1,2)+Math.pow(gamma,2)*Math.pow(y1,2))/(2*Math.pow(sigma,2))));

    return (float)(componente_gaussiana*componente_harmonica);
}
  
```

Figura 4.2: Método utilizado para geração dos filtros de Gabor.

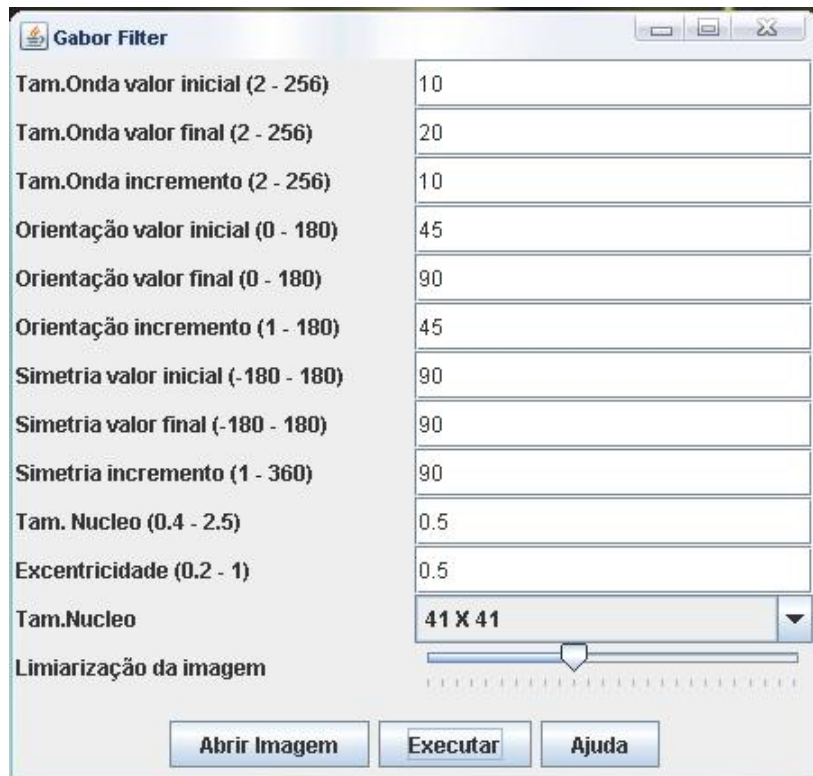


Figura 4.3: Imagem do Extrator

Na Figura 4.3 é apresentado o módulo desenvolvido onde é possível se ver todos os parâmetros disponíveis para a geração de diferentes configurações de filtros. A Figura 4.5 mostra um par de imagens onde as imagens inferiores são os filtros gerados e as imagens superiores são as respostas da convolução do filtros com a imagem da Figura 4.4.

O módulo desenvolvido foi utilizado para análise visual da seleção preliminar do banco de filtros de Gabor que foi utilizado posteriormente para a realização dos experimentos. Através do módulo foram selecionados os parâmetros que determinaram o ponto de partida para a execução dos experimentos. Uma das grandes limitações dos filtros Gabor é determinar os parâmetros necessários para que se tenha a melhor taxa de acerto dos algoritmos de classificação, o módulo aqui desenvolvido auxiliou esta etapa inicial de seleção dos parâmetros.

Para o desenvolvimento e a realização dos testes do módulo de extração foram utilizadas três ferramentas auxiliares que são: ImageJ, Weka e Sigus, que serão descritas as seguir.

O ImageJ é uma ferramenta para processamento de imagens, com código



Figura 4.4: Imagem de Teste

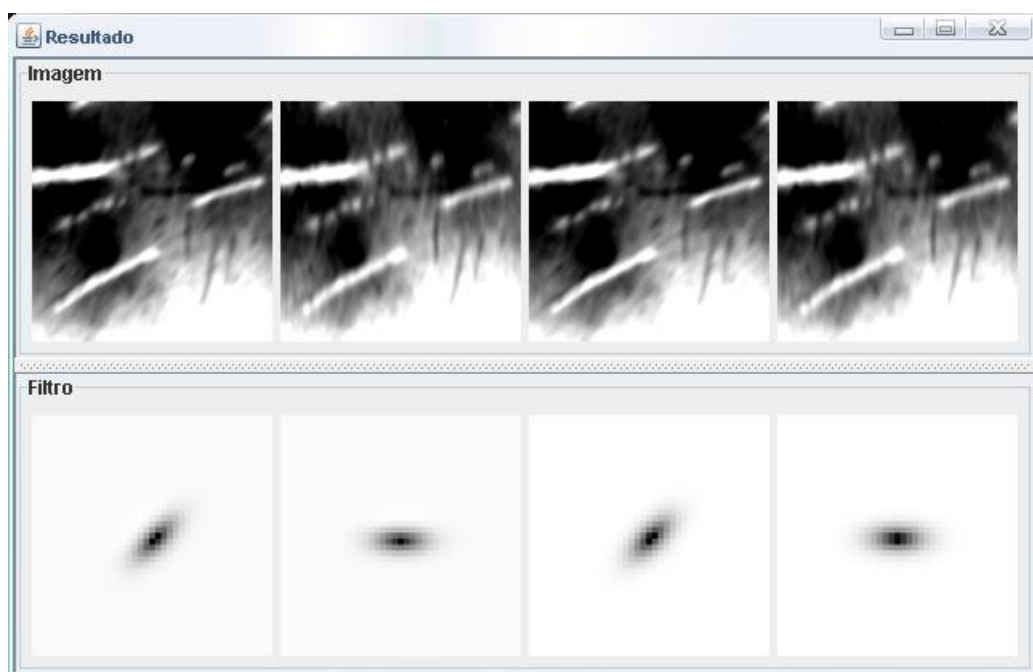


Figura 4.5: Resultado



aberto implementado em JAVA. A ferramenta contém diversos algoritmos que permitem a manipulação de vários formatos de imagens, geração de histograma, operações monádicas e diádicas, suavizações e admite a introdução de novos recurso através de plugins escritos na linguagem JAVA [Rus06].

O WEKA é uma ferramenta que apresenta vários algoritmos de aprendizagem de máquina utilizados para realizar teste de aprendizagem e classificação. Esta ferramenta foi utilizada para testar se os atributos extraídos utilizando os filtros de Gabor foram adequados. Ela permite a visualização de resultados estatísticos sobre as classificações realizados como: tempo de classificação, porcentagem de acerto, matriz de confusão, entre outros [WF05].

O SIGUS é uma plataforma voltada para o apoio ao desenvolvimento de sistemas para a inclusão digital de pessoas com necessidades especiais, onde o objetivo principal da ferramenta é de disponibilizar uma maior quantidade de programas computacionais voltado para as pessoas com necessidades especiais [PMP<sup>+</sup>06]. Esta plataforma possui diversos algoritmos de segmentação de imagens, rastreamento e de extração de atributos.

# Capítulo 5

## Experimentos, Resultados e Análise

Neste trabalho foi implementado um método de extração de atributos utilizando os filtros de Gabor. Nos experimentos foram utilizadas 3 imagens do couro bovino no estágio *Wet-blue* e 9 imagens no estágio Couro Cru. As imagens foram selecionadas do banco de imagens do projeto DTCOURO e foram capturadas através de uma câmera digital durante visitas técnicas realizadas a curtumes da região de Mato Grosso do Sul. No desenvolvimento do projeto foram realizados experimentos com dois tamanhos de amostras diferentes 19x19 e 25x25, para verificar se o tamanho das amostras tem influência na configuração do banco de filtros de Gabor.

### 5.1 Experimento 1: amostras 19x19

Para cada estágio do couro bovino foi escolhido um conjunto diferente de defeitos, nas imagens de Couro Cru os defeitos escolhidos foram: marca fogo e risco, nas imagens *Wet-blue* os defeitos escolhidos foram: risco, marca fogo e carrapato, esses defeitos foram selecionados pois apresentavam um conjunto maior de imagens no banco de imagens do projeto DTCOURO. Os defeitos acima descritos foram segmentados manualmente com o apoio da ferramenta DTCOURO, onde se obteve um total de 27 segmentos representando os defeitos citados, 16 no estágio do Couro Cru e 11 no estágio *Wet-blue*, a Figura 5.1 mostra algumas segmentações realizadas. Após a segmentação das imagens, o módulo de geração de amostras da ferramenta DTCOURO foi utilizado para a extração das amostras no tamanho 19x19 *pixels*, onde foram geradas 6826 amostras no estágio Couro Cru e 1267 amostras no estágio *Wet-blue*.

A extração dos atributos utilizando os filtros de Gabor foi realizada a

partir das amostras geradas e com auxílio do módulo de experimentos da ferramenta DTCOURO, também foram extraídos atributos com os extratores Mapas de Interação e Matriz de Co-ocorrência. Esses dois conhecidos métodos de extração de atributos foram selecionados para verificar o desempenho dos filtros de Gabor comparado aos outros métodos. Através do módulo de extração foram extraídos 403 atributos utilizando os Filtros de Gabor, 8 para Mapas de Interação e 29 para Matriz de Co-ocorrência.

## 5.2 Experimento 2: amostras 25x25

Novos experimentos foram realizados para verificar se o tamanho das amostras tem influência nos resultados obtidos na classificação dos defeitos. Neste experimento as imagens utilizadas foram as mesmas do experimento anterior, entretanto foram realizadas 31 segmentações representando os defeitos anteriormente citados, 18 no estágio do Couro Cru e 13 no estágio *Wet-blue*. Após a segmentação das imagens, o módulo de geração de amostras da ferramenta DTCOURO foi utilizado para a extração das amostras no tamanho 25x25 *pixels*, onde foram geradas 4666 amostras no estágio Couro Cru e 2237 amostras no estágio *Wet-blue*. A configuração utilizada nos extratores Matriz de Co-ocorrência e Mapas de Interação foram as mesmas do experimento 1, apenas o banco de filtros de Gabor foi alterado o que gerou 200 atributos por amostras.

A Tabela 5.1 apresenta a configuração utilizada na Matriz de Co-ocorrência e nos Mapas de Interação. Os parâmetros de configuração dos filtros de Gabor utilizados no experimento 1 presentes na Tabela 5.2 foram encontrados após uma análise visual preliminar através da ferramenta desenvolvida e posteriormente aprimorados com a realização de 30 experimentos com diferentes configurações de filtros, estes parâmetros foram selecionados pois apresentavam os melhores resultados encontrados no testes, a Tabela 5.3 apresenta a configuração dos filtros de Gabor no experimento 2. Mas como existe uma grande quantidade de configurações dos filtros de Gabor, podem existir outras configurações que apresentem resultados melhores que os aqui encontrados.

Com base nos atributos extraídos e utilizando a ferramenta WEKA, os testes de classificação foram realizados através do algoritmo J48. Este algoritmo constrói uma árvore de decisão a partir dos atributos extraídos. Para a realização dos experimentos foi utilizado também o modo de validação cruzada em 10 dobras, onde o algoritmo utiliza 90% dos atributos para aprendizagem e o restante para os testes de classificação, esse processo se repete por dez vezes sempre alternado os atributos que correspondem aos 10%

Tabela 5.1: Configuração dos métodos Mapas de Interação e Matriz de Co-ocorrência.

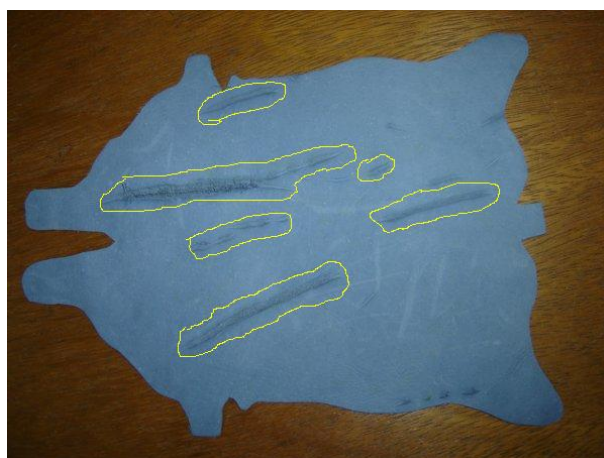
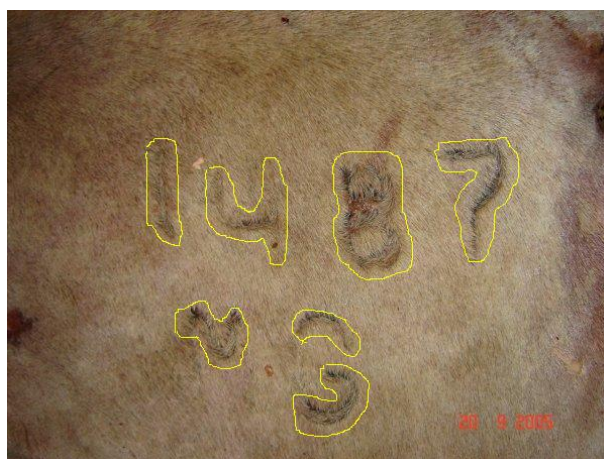
	Mapas Int.	Matrize Co.
Angulo inicial:	0	0
Angulo final:	180	180
Variação do ângulo:	45	45
Distância ( <i>pixels</i> ):	2	-
Variação da distância:	1	1

Tabela 5.2: Configuração dos filtros de Gabor no experimento 1.

	Valor inicial	Valor final	Valor de incremento
Comprimento de Onda	1	300	4.5
Orientação do núcleo	45	135	45
Simetria do núcleo	0	90	90
Tam. da janela do núcleo	2.5	-	-
Excentricidade	1.0	-	-

Tabela 5.3: Configuração dos filtros de Gabor no experimento 2.

	Valor inicial	Valor final	Valor de incremento
Comprimento de Onda	1	250	10
Orientação do núcleo	0	135	45
Simetria do núcleo	0	90	90
Tam. da janela do núcleo	3.5	-	-
Excentricidade	1.5	-	-

(a) Segmentação *Wet-blue*

(b) Segmentação Couro Cru

Figura 5.1: Exemplos de segmentações realizadas no couro bovino utilizadas nos experimentos.

utilizados para testes, e por fim é calculada a media das 10 porcentagens de acerto obtidas tendo assim um valor final de porcentagem de acerto.

### 5.3 Resultados e Análise

As Tabelas 5.4 e 5.5 apresentam os resultados dos experimentos realizados utilizando as amostras de 19x19 e 25x25, nelas é possível verificar que os resultados obtidos utilizando os filtros de Gabor não foram muito distintos dos obtidos com os Mapas de Interação, apenas o método das Matrizes de

Tabela 5.4: Resultados do experimento 1.

Extrator	<i>Wet-blue</i> % acerto	Couro Cru % acerto
Filtros de Gabor	87,68	82,01
Mapas de Interação	83,03	74,59
Matriz de Co-ocorrência	96,68	91,64

Tabela 5.5: Resultados do experimento 2.

Extrator	<i>Wet-blue</i> % acerto	Couro Cru % acerto
Filtros de Gabor	89,27	81,42
Mapas de Interação	81,22	82,66
Matriz de Co-ocorrência	95,75	93,78

Co-ocorrência teve um resultado mais expressivo. Analisando as matrizes de confusão das Tabelas 5.6 e 5.7, pode-se verificar que algumas amostras foram classificadas incorretamente nos dois experimentos realizados, o que mostra que os tipos de defeitos selecionados apresentam valores semelhantes nos atributos extraídos com os filtros de Gabor utilizados para a classificação.

A tabela 5.8 apresenta uma comparação no tempo de treinamento dos dois experimentos realizados utilizando filtros de Gabor, onde é possível verificar que os experimentos realizados utilizando amostras de 25x25 obtiveram bons tempos de treinamento comparado ao de amostras 19x19, este é um fator importante pois com o tempo de treinamento menor o processo de classificação das imagens se torna mais rápido, o que pode viabilizar o implantação do processo de classificação de imagens do couro bovino em situações reais como em Curtumes e Frigoríficos.

Tabela 5.6: Matriz de Confusão dos filtros de Gabor no estagio *Wet-blue* experimento 1.

	a	b	c
Risco = a	305	21	41
Carrapato = b	17	423	24
Marca fogo =c	40	13	383

Tabela 5.7: Matriz de Confusão dos filtros de Gabor no estagio *Wet-blue* experimento 2.

	a	b	c
Risco = a	579	27	22
Carrapato = b	21	757	65
Marca fogo =c	33	72	661

Tabela 5.8: Tempo de treinamento dos filtros de Gabor nos experimentos realizados.

	<i>Wet-blue</i>	Couro Cru
Experimento 1	11.2s	668.25s
Experimento 2	9.62s	130.48s

# Capítulo 6

## Conclusão

A principal contribuição deste trabalho foi o desenvolvimento do módulo de extração de atributos utilizando Filtros de Gabor. Esta implementação pode facilitar a seleção do conjunto de filtros para discriminar classes de diferentes problemas, auxiliando na realização de experimentos para classificação de imagens utilizando atributos de textura.

Para o desenvolvimento do módulo de extração de atributos utilizando os filtros de Gabor foram estudados alguns conceitos sobre textura, convolução e extração de atributos. Em seguida foi realizado um estudo mais aprofundado sobre os filtros de Gabor, como forma de melhorar o entendimento sobre o assunto para a implementação do módulo de extração.

Nos experimentos, todos os extratores obtiveram resultados satisfatórios, a baixa quantidade de imagens utilizadas para os testes de classificação pode ter favorecido o alto nível de acerto do classificador. Portanto, será necessário um maior número de imagens para que os algoritmos de extração de atributos possam ser testados de maneira precisa e posteriormente serem utilizados em situações reais de classificação de peças do couro bovino.

Através dos resultados obtidos foi possível verificar que o método de extração de atributos utilizando os filtros de Gabor não apresentou o melhor desempenho entre os métodos de extração utilizados, obteve melhores resultados que Mapas de Interação, mas apresentou resultados piores se comparado a Matriz de Co-ocorrência. Novos experimentos deverão ser realizados utilizando filtros de Gabor com diversas combinações de parâmetros a fim de aumentar a precisão na classificação de defeitos do couro bovino em diferentes estágios da cadeia produtiva.



## Referências Bibliográficas

- [Amo06] Willian Paraguassu Amorim. Extração de atributos e análise discriminante aplicadas na detecção de defeitos em couro bovino. Master's thesis, UCDB - Universidade Católica Dom Bosco, 2006.
- [BE06] Adriano Beluco and P. M. Engel. *Classificação de imagens de sensoriamento remoto baseada em textura por redes neurais*. Anais XI SBSR, 2006.
- [Bol04] Maurício José Alves Bolzan. Análise da transformada em ondeletas aplicada em sinal geofísico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26:37 – 41, 2004.
- [Bro07] P. Brodatz. *Brodatz textures*. <http://www.ux.his.no/tranden/brodatz.html>, Acesso em 2007.
- [BS02] Francisco Bayardo Mayorquim Horta Barbosa and Renato Luiz Sproesser. *Alguns Aspectos da Cadeia do Couro (Bovino) no Estado do Mato Grosso do Sul*. Anais da II Jornada Científica do Centro-Oeste de Economia e Administração, 2002.
- [Che96] D. Chetverikov. Structural filtering with texture feature based interaction maps: Fast algorithm and applications. In *In Proceedings of International Conf. on Pattern Recognition*, volume 2, pages 795–799, 1996.
- [CW98] Jonathan E. Cook and Alexander L. Wolf. Discovering models of software processes from event-based data. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 7(3):215–249, 1998.
- [Gom02] A. Gomes. Aspectos da cadeia produtiva do couro bovino no Brasil e em Mato Grosso do Sul. In *Palestras e proposicoes: Reunioes Tecnicas sobre Couros e Peles, 25 a 27 de setembro e 29 de*

- outubro a 1º de novembro de 2001*, pages 61–72. Embrapa Gado de Corte, 2002.
- [Gom03] A. Gomes. *Avaliação técnica e operacional do sistema de classificação do couro bovino*. Embrapa Gado de Corte, 2003.
- [IE90] Institute of Electrical IEEE and Electronics Engineers. *IEEE Standard Glossary of Image Processing and Pattern Recognition Terminology*. IEEE Standard, 1990.
- [JC04] R. Jobanputra and D.A. Clausi. Texture analysis using gaussian weighted grey level co-occurrence probabilities. In *Proceedings of the Canadian Conference on Computer and Robot Vision - CRV*, pages 51–57, 2004.
- [JCH04] Yiming Ji, Kai H. Chang, and Chi-Cheng Hung. Efficient edge detection and object segmentation using gabor filters. In *ACM-SE 42: Proceedings of the 42nd annual Southeast regional conference*, pages 454–459, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [KPG99] P. Kruizinga, N. Petkov, and S. E. Grigorescu. Comparison of texture features based on gabor filters. In *ICIAP '99: Proceedings of the 10th International Conference on Image Analysis and Processing*, page 142, Washington, DC, USA, 1999. IEEE Computer Society.
- [Lop03] Fabrício Martins Lopes. Um modelo perceptivo de limiarização de imagens digitais. Master's thesis, UFPR, 2003.
- [MD03] Huanfeng Ma and David Doermann. Gabor filter based multi-class classifier for scanned document images. In *ICDAR '03: Proceedings of the Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition*, page 968, Washington, DC, USA, 2003. IEEE Computer Society.
- [Mic03] F. Michels, R. S. I. ;Bayardo. *Couro Bovino*. UFMS, 2003.
- [PMP<sup>+</sup>06] Hemerson Pistori, Priscila Silva Martins, Mauro Conti Pereira, Amaury Antonio de Castro Jr, and João Jose Neto. *SIGUS - Plataforma de Apoio ao Desenvolvimento de Sistemas para Inclusão Digital de Pessoas com Necessidades Especiais*. IV Congresso Iberdiscap: Tecnologias de Apoio a Portadores de Deficiência, 2006.

- [Rus06] Wayne Rusband. Imagej. *Available at <http://rsb.info.nih.gov/ij/>*, Junho 2006.
- [Sal01] Evandro Ottoni Teatini Salles. Um método de classificação de texturas com rotação baseado na modelagem hmm de características am-fm. Master's thesis, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, 2001.
- [San07] Joelma Carla Santos. Extração de atributos de forma e seleção de atributos usando algoritmos genéticos para classificação de regiões. *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*, 2007.
- [SdFOD03] Joelma Carla Santos, João Ricardo de F. Oliveira, and Luciano V. Dutra. Uso de algoritmos genéticos na seleção de atributos para classificação de regiões. *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*, 2003.
- [SIN07] SINACOURO. *Cortador de cinto, carteira, bolsa, maleta, pasta e marroquinaria*. SINACOURO - Sindicato da Indústria de Artefatos de Couro do Estado de São Paulo, Acesso em 2007.
- [SL06] Romam Sandler and Michael Lindenbaum. *Gabor filter Analysis for Texture Segmentation*. Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2006.
- [WF05] Ian H. Witten and Eibe Frank. *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2nd edition, 2005.
- [YP01] C. Yeh and D. B. Perng. Establishing a demerit count reference standard for the classification and grading of leather hides. *International Journal of Advanced Manufacturing*, 18:731–738, 2001.