

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

MICHEL GETULIO MARTINS

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA VETORIZAÇÃO DE IMAGENS DE
MOLDES DE ROUPAS BASEADO EM PROCESSAMENTO DE IMAGEM

Gaspar-SC

Junho/2018

MICHEL GETULIO MARTINS

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA VETORIZAÇÃO DE IMAGENS DE
MOLDES DE ROUPAS BASEADO EM PROCESSAMENTO DE IMAGEM

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do campus Gaspar do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador: Saulo Vargas

Gaspar-SC
Junho/2018

M386d Martins, Michel Getulio

Desenvolvimento de um sistema para vetorização de imagens de moldes de roupas baseado em processamento de imagem / Michel Getulio Martins; orientador, Saulo Vargas, 2018.

58 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Gaspar, Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Gaspar, 2018.

Inclui referências.

1. Processamento de imagem. 2. Vetorização. 3. Modelagem. I. Vargas, Saulo. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. III. Título.

CDD 006.6

RESUMO

O setor têxtil e de confecções tem grande impacto na economia do país, e este fator passa pelas grandes e pequenas empresas. Neste contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema para auxiliar duas das principais tarefas da cadeia produtiva: os setores de desenvolvimento e corte. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo desenvolver um sistema para gerar arquivos vetoriais, para posterior encaixe e plotagem, a partir de imagens dos moldes de roupas usando técnicas de processamento de imagem. Para isso, foram utilizadas bibliotecas de processamento de imagens para prover ao sistema a capacidade de digitalizar moldes de roupa em arquivos de plotagem. O sistema proposto foi validado a partir da comparação da forma e das medidas de altura e largura da imagem vetorizada impressa com o molde real. Para os moldes avaliados, constatou-se que o sistema transformou a imagem de entrada em arquivo vetorial com êxito, mantendo a forma e as medidas dos moldes aceitáveis para o processo de produção.

Palavras-Chave: Processamento de imagem. Vetorização. Modelagem.

ABSTRACT

The textile and clothing sector has a major impact on the country's economy, and this factor is passed on to large and small companies. In this context, this work proposes the development of a system to assist two of the main tasks of the productive chain: the development and cutting sectors. Thus, this work aims to develop a system to generate vector files, for later fitting and plotting, from images of the clothes molds using image processing techniques. For this purpose, image processing libraries were used to provide the system with the ability to scan clothing templates into plot files. The proposed system was validated by comparing the shape and the height and width measurements of the vector image printed with the actual template. For the evaluated molds, it was verified that the system successfully transformed the input image into vector file, keeping the shape and the measurements of the molds acceptable for the production process.

Keywords: Image processing. Vectorization. Modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de molde	12
Figura 2 - Colaborador executando a tarefa de encaixe manual.....	13
Figura 3 - Exemplo de risco otimizado por moldes digitalizados	14
Figura 4 - Enfestadeira	15
Figura 5 - Quantização.....	17
Figura 6 - Representação vetorial de uma reta	18
Figura 7 - Cenário de uma aquisição de imagem.....	19
Figura 8 - Exemplo da técnica de limiarização	21
Figura 9 - Máscara para detecção de pontos	22
Figura 10 - Máscara para detecção de linhas	22
Figura 11 - Operador Roberts.....	23
Figura 12 - Exemplo do operador Roberts	23
Figura 13 - Operador Sobel.....	24
Figura 14 - Exemplo operador Sobel.....	24
Figura 15 - Operador Prewitt.....	25
Figura 16 - Exemplo operador Prewitt.....	25
Figura 17 - Exemplo detector de bordas Canny	26
Figura 18 - Exemplo operação Erosão.....	27
Figura 19 - Exemplo operação Dilatação	28
Figura 20 - Imagem de entrada.....	28
Figura 21 - Detecção dos pontos cianos e linhas.....	29
Figura 22 - Interpolando as coordenadas de caminhos de nó de borda	30
Figura 23 - Ajustes finais e resultado da vetorização	30
Figura 24 - Interface software Digiflash.....	31
Figura 25 - Interface software RZ Cad Têxtil.....	32
Figura 26 - Modelo de captura da imagem.....	35
Figura 27 - Fluxograma	36
Figura 28 - Ilustração do molde utilizado.....	38
Figura 29 - Imagem em escala de cinza	39
Figura 30 - Imagem limiarizada	40
Figura 31 - Após processo de erosão.....	41
Figura 32 - Detecção de bordas Canny.....	41
Figura 33 - Sistema após processamento de um molde	42
Figura 34 - Ferramenta de traço.....	43
Figura 35 - Utilizando a ferramenta de traço	44
Figura 36 - Resultado da ferramenta traço.....	44
Figura 37 - Processamento com ruídos	45
Figura 38 - Resultado da ferramenta borracha.....	46
Figura 39 - Detecção do tamanho	46
Figura 40 - Ferramenta régua	47
Figura 41 - Resultado da ferramenta régua.....	48
Figura 42 - Parte lateral utilizada para exemplo da ferramenta seleção	48
Figura 43 - Altura do molde	49
Figura 44 - Largura do molde.....	49
Figura 45 - Opção exportar arquivo vetorial	50
Figura 46 - Arquivo de saída na interface do Inkscape,	51
Figura 47 - Molde Di tamanho 02 sob o molde original	52

Figura 48 - Molde original Di tamanho 02 sob o molde impresso pelo sistema proposto	52
Figura 49 - Molde Tr tamanho 01 sob o molde original	53
Figura 50 - Molde original Tr tamanho 01 sob o molde impresso pelo sistema proposto	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivos	9
1.1.1 Objetivo geral	9
1.1.2 Objetivos específicos.....	9
1.2 Justificativa	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1 Processo de confecção	11
2.1.1 Modelagem.....	11
2.1.2 Risco	12
2.1.3 Enfesto	14
2.1.4 Corte.....	15
2.2 Processamento de imagens	16
2.2.1 Imagem digital	16
2.2.1.1 <i>Vizinhança de um pixel</i>	17
2.2.2 Imagem vetorial.....	18
2.2.3 Aquisição da imagem	19
2.2.4 Pré-processamento	20
2.2.5 Segmentação de imagens.....	20
2.2.5.1 <i>Limiarização</i>	20
2.2.5.2 <i>Detecção de pontos</i>	21
2.2.5.3 <i>Detecção de linhas</i>	22
2.2.5.4 <i>Detecção de bordas</i>	22
2.2.5.4.1 Operador Roberts	23
2.2.5.4.2 Operador Sobel	24
2.2.5.4.3 Operador Prewitt	24
2.2.5.4.4 Canny	25
2.2.5.5 <i>Operações Morfológicas</i>	26
2.2.5.5.1 Erosão	26
2.2.5.5.2 Dilatação	27
2.2.6 Transformação de <i>raster</i> para vetorial.....	28
2.2.7 Sistemas correlatos	31
2.2.7.1 <i>Audaces Digiflash</i>	31

2.2.7.2 RZ Cad Têxtil	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 Descrição do sistema.....	33
3.2 Materiais.....	34
3.3 Métodos.....	35
3.4 Validação da proposta	37
4 RESULTADOS OBTIDOS	38
4.1 Processamento de uma imagem.....	39
4.2 Funcionalidade	42
4.2.1 Gravação em disco	42
4.2.2 Ferramenta traço.....	43
4.2.3 Ferramenta borracha.....	45
4.2.4 Ferramenta régua.....	46
4.2.5 Exportação arquivo vetorial	50
4.3 Resultados da vetorização para grade de calça	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A indústria têxtil e de confecção é responsável por injetar milhões na economia nacional. Através de empresas consolidadas no mercado e novos empreendedores o setor é um grande gerador de empregos. Conforme números da Associação Brasileira da Indústria têxtil e de Confecção (ABIT) (ASSOCIAÇÃO..., 2017a), informações referentes ao ano de 2016, o faturamento da Cadeia Têxtil e de Confecção foi de 37 bilhões de dólares, o setor contou com investimento de 479 milhões de dólares, e a indústria é o segundo maior gerador de empregos com 1,5 milhão de empregos diretos e 8 milhões de empregos indiretos.

Segundo ABIT (ASSOCIAÇÃO..., 2017a), em 2017, a perspectiva é de que o faturamento do setor têxtil e de confecção brasileiro seja de R\$ 135 bilhões (US\$ 40,2 bilhões), o que significa um aumento de 4,6% em relação a 2016. Para ilustrar a importância deste setor em nossa região: Foi constatado que 8 (oito) das 19 (dezenove) empresas listadas na BM&FBOVESPA nos segmentos de fios, tecidos e vestuário, são do Estado de Santa Catarina, na região do vale do Itajaí. A receita líquida gerada por essas oito empresas corresponde a 54,61% da receita total das empresas listadas nesses segmentos e elas empregam cerca de 11,300 funcionários (POSSAMAI, 2013).

O diferencial destas empresas que atingem alto faturamento é que as mesmas são responsáveis pela grande fatia do investimento em equipamentos tecnológicos. A aplicação de tecnologias permite aumento da produção, redução de refugos e maior qualidade do produto final, tornando essas empresas mais competitivas para o mercado. Porém, o elevado valor das ferramentas tecnológicas que hoje são oferecidas no mercado dificulta o acesso de novas empresas, principalmente de pequeno porte, às novas tecnologias disponíveis nesse segmento.

Dentre as etapas de produção da cadeia têxtil e de confecção, o processo de desenvolvimento e corte é um dos mais importantes. A qualidade da modelagem e do corte influenciará consideravelmente na qualidade e preço do produto final. Esse processo consiste no ato de, através de uma ferramenta, conhecida por enfestadeira, estender diversas "folhas" do tecido que serão talhadas por uma máquina de corte, a partir de uma marcação realizada em papel especial ou na própria pilha de tecido enfestado.

Quando essa marcação é realizada manualmente na própria pilha de tecido,

prática comum em empresas de pequeno porte, podem surgir problemas como mau aproveitamento do tecido, devido a imperfeições na marcação e falta de precisão nos traços, e retrabalho, pois será necessário que o profissional realize novamente o corte do tecido.

A adoção de tecnologias que empregam sistemas automatizados pode ser uma ótima estratégia para reduzir os erros decorrentes do processo manual de marcação. Atualmente, sistemas que empregam técnicas de processamento digital de imagens (PDI) tem sido utilizados em diversas aplicações para melhoria da informação visual e processamento de dados observados (GOZALES; WOODS, 2002).

Uma alternativa à marcação manual direto na pilha de tecido é a utilização de softwares específicos que digitalizam os moldes e permitem a impressão da marcação em papel especial, no qual é utilizado como guia para o processo de corte. Devido ao valor desse tipo de aplicativo, entre mensalidades que custam em torno de 1500 reais, além do quadro digitalizador que é vendido separadamente em média de 15 mil reais, segundo Audaces (2017), empresas de pequeno porte não conseguem aplicar essa tecnologia em seu negócio.

Devido à carência de sistemas de baixo custo financeiro para realizar esse tipo de tarefa, este trabalho abordará o desenvolvimento de um sistema para transformar fotografias de moldes em arquivos vetoriais para impressão da marcação em papel especial, usando técnicas de processamento digital de imagens.

1.1 Objetivos

A seguir serão apresentados os objetivos, geral e específicos, do projeto.

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema para gerar arquivos vetoriais de imagens de moldes de roupa usando técnicas de processamento de imagem.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Desenvolver um sistema para obter imagens digitais de moldes de roupas;
- b) Desenvolver módulo para vetorizar imagens digitais usando técnicas de

PDI;

- c) Comparar a precisão do molde vetorizado com o objeto modelo.

1.2 Justificativa

Seguindo a expectativa de retomada para o ano de 2017, espera-se o aporte de R\$ 1,75 bilhão (US\$ 520 milhões) de investimento em máquinas e equipamentos na indústria têxtil e de confecção (ASSOCIAÇÃO..., 2017b). Diante dos números e prognóstico dos especialistas, é possível identificar oportunidades para empreender neste setor. O desenvolvimento de ferramentas com funcionalidades específicas para otimização de processos manuais e baixo custo pode ser uma interessante alternativa para as empresas de pequeno ou médio porte.

Softwares com a mesma proposta possuem diversos recursos, são complexos, e acabam por opção deixando o pequeno empresário de lado. O sistema proposto nota a necessidade de uma ferramenta simples para atender à necessidade levantada e otimizar uma importante tarefa da cadeia produtiva da indústria têxtil e de confecção.

Com o desenvolvimento de um *software* acessível e capaz de aumentar a produtividade e a qualidade do produto final, as empresas de pequeno e médio porte poderão manter os níveis de competitividade de produção, qualidade e preço, frente as ameaças de grandes empresas. Como citado anteriormente a região, do vale do Itajaí, muito forte no setor têxtil é um incentivo à pesquisa.

Aprender técnicas de processamento de imagem é outro atrativo para a implementação deste projeto. Esta é uma área em constante desenvolvimento o que implica em novas possibilidades para a pesquisa e indústria.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados os assuntos e técnicas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho. Inicialmente será dada uma visão ao leitor sobre o processo das empresas de confecção, demonstrando as etapas que têm impacto sobre o objetivo deste projeto. Nas seções seguintes será explicado o que é imagem digital, como funciona o processamento de imagens e técnicas importantes para a execução do projeto.

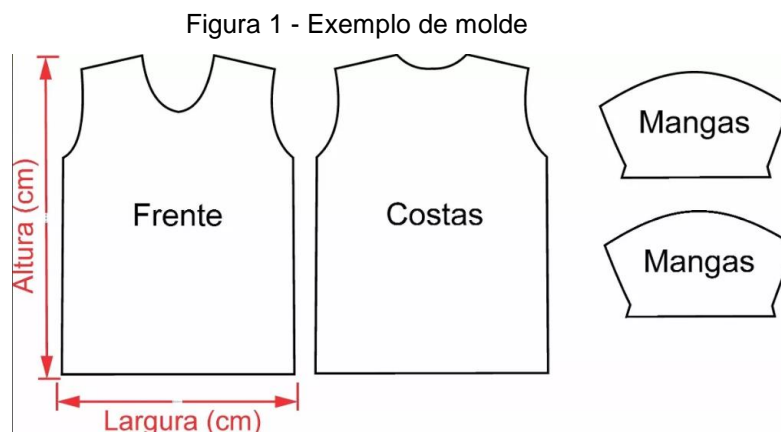
2.1 Processo de confecção

O processo produtivo para confecções é uma sequência operacional que inicia no planejamento da coleção e desenvolvimento do produto, passando por toda a produção até a expedição (BIERMANN, 2007). A confecção de uma peça de vestuário de moda requer utilização de vários tipos de costura e maquinários. A organização da produção para a montagem de um determinado produto é fundamental para atender a escala de produção e dela depende o rendimento do processo, tanto na qualidade quanto na quantidade exigida (GUSMÃO, 2008).

Dentre esta sequência operacional destacam-se os processos de modelagem, risco, enfesto e corte.

2.1.1 Modelagem

O molde no produto de vestuário é a adequação da peça tridimensional ao plano bidimensional do papel, no qual é desenhado o molde da peça em partes, para então, ser cortada no tecido (VICENTINI, 2010). O molde é desenvolvido pelo estilista que, após compreender a “roupa”, desenvolve um molde base, pois as interpretações de modelos são feita a partir deste (AUDACES, 2013). É ilustrado na Figura 1 um exemplo de moldes, através do processo de corte destes moldes que acontece a confecção da peça posteriormente.



Fonte: KAMALEAO CIA, [201-], não paginado.

Segundo Audaces (2013), O molde base é produzido seguindo a tabela de medidas-base da empresa, e atendem, conseqüentemente, os desejos do seu público-alvo. No processo industrial de confecção, o uso de moldes básicos facilita o processo produtivo do setor de modelagem. Além de gerar economia de tempo e otimização do processo, o uso de molde base, garante que diferentes modelos respeitem a mesma tabela de medidas da empresa, atendendo de forma adequada o seu público-alvo (AUDACES, 2013).

2.1.2 Risco

O risco é responsável pelo encaixe da modelagem e define o aproveitamento do tecido, do forro e das entretelas. O risco dará origem à folha matriz (folha riscada com os moldes para corte) ou risco marcador e pode ser realizado manualmente em papel ou computadorizado, utilizando-se de *software* próprio (BIERMANN, 2007).

O risco marcador é uma marcação realizada em uma folha de papel da largura do tecido e do comprimento da mesa de corte ou do enfiesto. Os moldes são encaixados sobre o papel de modo a otimizar ou melhor utilizar a largura do tecido e comprimento da mesa (PAIVA, 2010). Segundo Lidório (2008) o encaixe é a distribuição de uma quantidade de moldes que compõem um modelo sobre uma metragem de tecido ou papel, visando o melhor aproveitamento, este pode ser feito de forma manual ou computadorizado.

O encaixe pode ser feito de forma manual, através do profissional deslocando os moldes, em tamanho original, manualmente sobre o tecido ou papel. Esta operação é o método mais presente nas empresas de pequeno porte e deve ser realizada após

cada corte. O encaixe computadorizado é obtido após a digitalização dos moldes. O encaixe pelo computador pode ser realizado manualmente, deslocando-se as peças no monitor como se fosse em uma mesa de corte ou por encaixe automático, onde o computador otimiza a utilização do tecido, além de arquivar os moldes realizados para futuro reaproveitamento.

De acordo com Lidório (2008) o risco pode ser executado manualmente ou pode ser automatizado. O risco manual é realizado sobre a última folha do tecido, contornando os moldes, com giz especial, lápis ou caneta. Este tipo de risco não permite cópias e demanda mais tempo do profissional para riscar o tecido, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Colaborador executando a tarefa de encaixe manual



Fonte: São Paulo, [201-], não paginado.

O risco automatizado é realizado quando o encaixe se encontra concluído no monitor e o operador satisfeito com o rendimento. Então o operador instrui o sistema para que trace o risco em tamanho normal, em papel especial, através de um *plotter*. Diferente do risco manual, o risco automatizado após a plotagem realizada deve ser colado na parte superior do tecido e iniciar o processo de corte. A Figura 3 ilustra o processo de corte com um risco automatizado sobre o tecido.

Figura 3 - Exemplo de risco otimizado por moldes digitalizados



Fonte: Universozn, [201-], não paginado.

A etapa de risco é uma parte muito importante do processo que com ferramentas certas, ajuda a evitar desperdício de matéria prima e otimizar o processo de fabricação. A otimização deve ser realizada de modo que se tenha um equilíbrio entre o bom aproveitamento do tecido e a qualidade em que as peças serão enviadas para o setor de costura (PAIVA, 2010).

2.1.3 Enfesto

Segundo Lidório (2008) e Nishida (2015 *apud* COOKLING, 1991), o enfesto é a operação preparatória para o corte e consiste no trabalho em que o tecido é estendido em camadas, completamente plano e totalmente alinhado. O enfesto é feito sobre a mesa de corte que deve ser horizontal, onde as folhas do tecido são estendidas em direção pré-determinadas, e ter 10% a mais para o movimento das máquinas do corte.

Assim como a etapa do risco, o enfesto está ligado diretamente a controlar o custo de produção através da utilização ideal do tecido, afirma Nishida (2015 *apud* Brown e Rice (2001).

Figura 4 - Enfestadeira



Fonte: MPAixão Representações, [2018], não paginado.

O enfesto é realizado através de uma ferramenta chamada enfestadeira, a Figura 4 ilustra a ferramenta que disponibiliza um local onde é colocado o rolo de malha. Após movimentos de vai e vem a malha é estendida conforme a necessidade de corte. O responsável pelo enfesto deve ficar atento a possíveis defeitos no tecido para retirá-los, pois este processo tem impacto relevante ao produto final.

2.1.4 Corte

Após o enfesto, a próxima etapa é o corte. A precisão do corte, seguindo as linhas do risco, é importante na qualidade do produto final e deve ser realizada por profissional qualificado e equipamento adequado ao tipo de tecido e altura do enfesto (BIERMANN, 2007).

O processo de corte também conta com ferramentas manuais e automatizadas para sua execução. De forma manual o processo pode ser realizado através de uma tesoura, e em quase todos os casos se trata do desenvolvimento de peças piloto, mostruário, pois o corte é feito em poucas folhas de tecido, levando muito tempo para o corte de apenas uma peça.

Já o processo com máquinas de corte elétricas é mais comum pelo fato que as mesmas conseguem cortar uma grande quantidade de folhas de tecido estendidas. Conforme afirma Costa (2016), para enfesto de grande altura, a ferramenta de corte elétrica, permite cortar qualquer tipo de risco. É o método mais comum de cortar tecidos, consistindo essencialmente em uma lâmina vertical que se move para cima e para baixo por ação de um motor elétrico.

2.2 Processamento de imagens

O processamento de imagens assume importante papel nos sistemas de visão computacional. O processamento de imagens pode ser utilizado em diversas áreas para diferentes fins, para isso conta com a utilização de diversas técnicas. Nesta seção serão descritas algumas das técnicas utilizadas nestes sistemas.

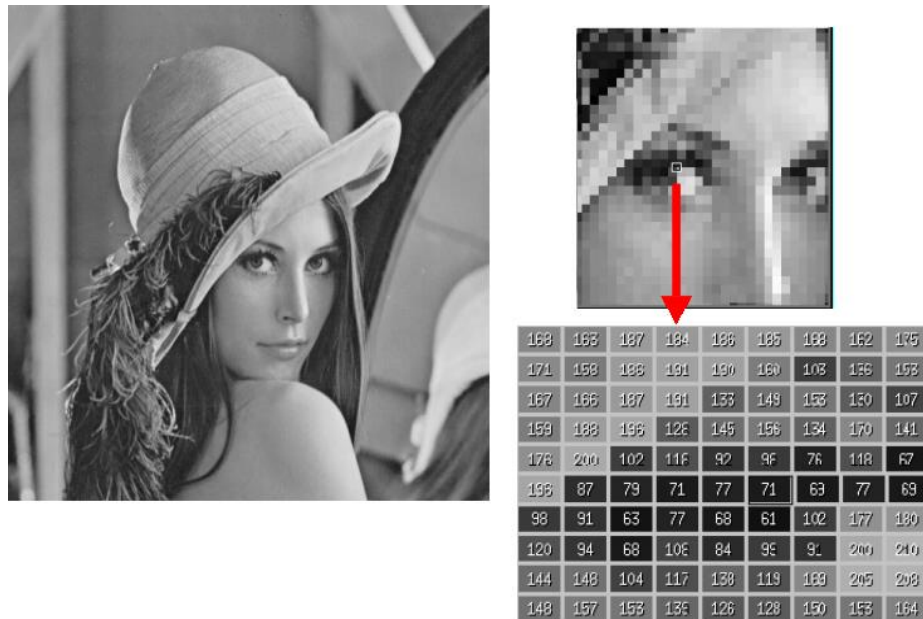
2.2.1 Imagem digital

Segundo Gonzales e Woods (2008, p. 21), “expressamos imagens como funções bidimensionais na forma $f(x, y)$, onde valor ou amplitude de f nas coordenadas espaciais (x, y) pode ser caracterizada como a quantidade de iluminação naquele ponto”. Portanto, uma imagem digital, em escala de cinza, pode ser vista como uma matriz cujas linhas e colunas identificam um ponto na imagem, cujo valor corresponde ao nível de cinza da imagem naquele ponto (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999).

O processo de digitalização de uma imagem consiste em 3 etapas:

- Amostragem: Amostragem é realizar a medição dos níveis de cinza em uma imagem, este processo terá como resultado uma matriz $M \times N$, onde M representa a quantidade de linhas e N a quantidade de colunas da matriz, cada elemento desta amostragem é chamado de pixel.
- Quantização: É a representação do valor medido de um pixel aproximado por um número inteiro.
- Codificação: Representação binária da matriz de pixels.

Figura 5 - Quantização



Fonte: Hounsell, 2015, não paginado.

Na Figura 5 é possível observar os níveis de cinza identificados através de números inteiros em uma matriz. É representada desta maneira, através de uma matriz numérica, que a imagem digital é utilizada no processamento de imagens. Na forma de equação, a representação de uma matriz numérica $M \times N$ é dada pela Equação 1:

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, N - 1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, N - 1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M - 1, 0) & f(M - 1, 1) & \dots & f(M - 1, N - 1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2.1.1 Vizinhança de um pixel

Gonzales e Woods (2008) descrevem que um pixel p na coordenada (x, y) tem quatro vizinhos cujas coordenadas são dadas por: $(x - 1, y)$, $(x, y - 1)$, $(x + 1, y)$ e $(x, y + 1)$.

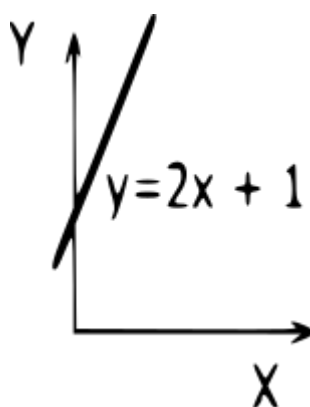
Este tipo de vizinhança tem o nome de vizinhança-de-4, se refere aos pixels horizontais e verticais que estão a uma unidade de distância do pixel p . Os quatro vizinhos diagonais de p têm as seguintes coordenadas: $(x - 1, y - 1)$, $(x + 1, y - 1)$, $(x + 1, y + 1)$ e $(x - 1, y + 1)$.

Esses pontos, junto com a vizinha-de-4, são chamados de vizinhança-de-8. Gonzales e Woods (2008) destacam que em ambas as vizinhanças em caso de (x, y) algum ponto se localizar na borda da imagem alguns vizinhos ficarão de fora da imagem.

2.2.2 Imagem vetorial

Ao contrário das imagens digitais, os arquivos vetoriais não são compostos por pixels, mas por equações. Segundo Junghans (1999) em programas de computação gráfica técnica, quando se desenha uma linha, a Figura 6 ilustra, esta não é representada por pixels, mas por uma equação matemática de reta ou vetor.

Figura 6 - Representação vetorial de uma reta



Fonte: Junghans, 1999, p. 24.

Este tipo de arquivo tem algumas vantagens se comparado com as imagens digitais. Não é necessário fundo de imagem, basta a representação dos objetos. Objetos são representados através de formas geométricas simples que podem ser facilmente editadas e modificadas através de operações matemáticas que não são percebidas pelo usuário, já que o mesmo só visualiza os resultados.

Desta forma, uma imagem vetorial pode ser manipulada da mesma forma que qualquer modelo matemático e, para os casos lineares, permite composições, rotações, zooms e vários tipos de manipulação que, se feitos em mapas de bits, resultam em distorções e/ou imagens mal definidas (RIBEIRO; LUCHESE; CASTAÑEDA, 2009). Uma grande vantagem de uma imagem vetorial é o fato de poder ser manipulada sem perder suas propriedades.

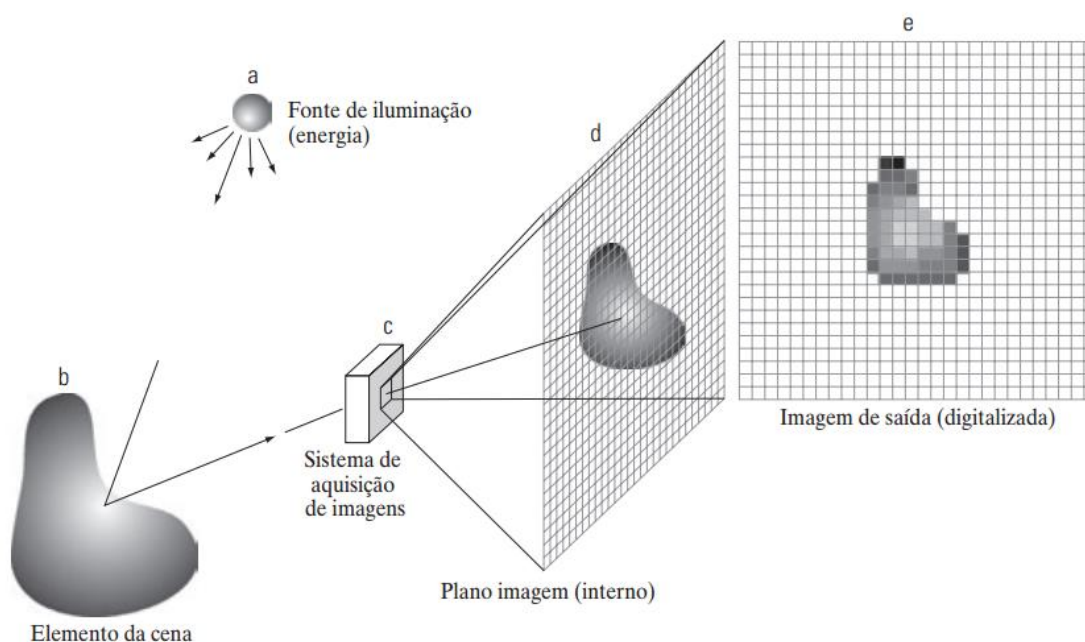
Para Junghans (1999), este arquivo é menor e possui um processamento mais

rápido que os demais arquivos digitais, portanto ideal para representação de desenhos técnicos que não dependam de muitas cores. O que determina o tamanho deste tipo de arquivo é a quantidade de objetos e formas geométricas que o mesmo irá possuir.

2.2.3 Aquisição da imagem

É o processo de conversão de uma cena real tridimensional em uma imagem (MARQUES FILHO; VIEIRA NETO, 1999). A aquisição de imagem corresponde a primeira etapa de um sistema baseado em processamento de imagens. O equipamento mais conhecido para essa finalidade é a câmera digital.

Figura 7 - Cenário de uma aquisição de imagem



Fonte: Gonzales e Woods, 2008, p. 32.

A Figura 7 ilustra a energia de uma fonte de iluminação sendo refletida de um elemento de uma cena. A primeira função realizada pelo sistema de aquisição de imagens (c) é coletar a energia de entrada e projetá-la em um plano imagem.

Se a iluminação for luz, a entrada frontal do sistema de aquisição de imagens é uma lente ótica que projeta a cena vista sobre o plano focal da lente (d). O arranjo de sensores, que coincide com o plano focal, produz saídas proporcionais à intensidade de luz recebida em cada sensor. Circuitos digitais e analógicos realizam

uma varredura nessas saídas e as convertem em um sinal analógico, que é então digitalizado por um outro componente do sistema de aquisição de imagens. A saída é uma imagem digital.

2.2.4 Pré-processamento

O pré-processamento de imagens consiste na aplicação de técnicas para realce e restauração, que visam destacar uma região dentro da imagem, permitindo a sua visualização com mais detalhes, de modo que a imagem resultante seja mais apropriada para uma aplicação específica do que a imagem original.

Na operação de realce, o objetivo é destacar as características importantes da imagem, utilizando técnicas de contraste, destaque de contornos e suavização. Já a operação de restauração, visa deixar uma imagem digital o mais próximo da cena capturada, ajustando a ausência de foco ou a obtenção de ruídos indesejados, por exemplo.

2.2.5 Segmentação de imagens

A segmentação é um passo muito importante no processamento de imagens, conforme descrevem Gonzales e Woods (2008), a segmentação subdivide uma imagem em regiões ou objetos que a compõem. A precisão da segmentação determina o sucesso ou o fracasso dos procedimentos de processamento de imagem.

Os algoritmos de segmentação para imagens monocromáticas geralmente estão baseados em uma de duas categorias básicas relacionadas às propriedades dos valores de intensidade: descontinuidade e similaridade.

Descontinuidade: Esta categoria visa dividir a imagem baseando-se em mudanças bruscas de tons de cinza e tem como principal objetivo a detecção de pontos isolados, linhas e bordas.

Similaridade: Baseia-se na semelhança dos valores de intensidades dos pixels para encontrar regiões com um mesmo padrão de intensidade.

2.2.5.1 Limiarização

A limiarização é uma abordagem que visa a segmentação fundamentada na análise da similaridade de níveis de cinza, com o objetivo de extrair objetos de

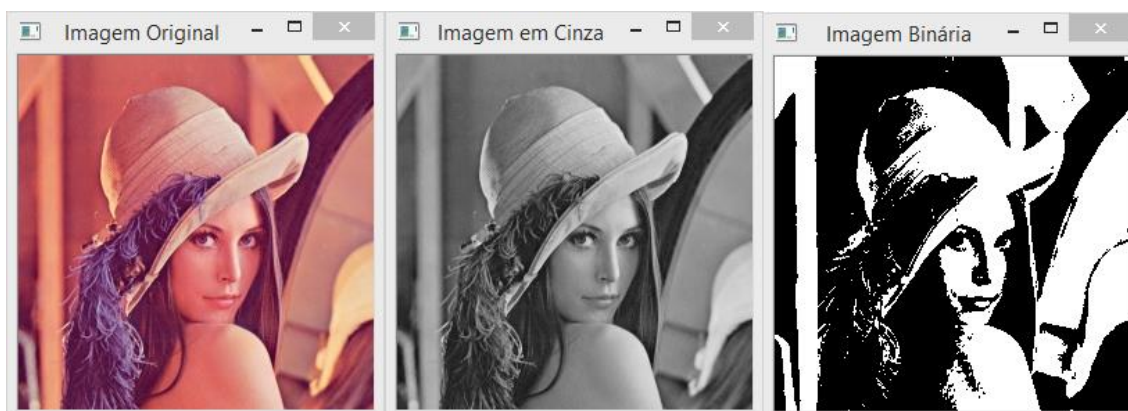
interesse mediante a definição de um nível de cinza limiar que servirá de parâmetro para a separação dos níveis de cinza da imagem.

A limiarização é definida pela Equação 2:

$$T(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{se } f(x, y) \geq K \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

Basicamente a técnica percorre os pixels da imagem e se o valor da intensidade do pixel da vez for maior que um valor limiar k , este recebe valor 1, caso contrário valor 0. Uma das dificuldades desta técnica é definir o tom de pixel mais adequado que servirá de limiar. Assim, em nível de rotulação, os pixels tendo valor 1 ou com qualquer outro nível de cinza conveniente correspondem aos objetos de interesse, enquanto os que receberem 0 como valor corresponderão ao fundo da imagem. (GONZALEZ; WOODS, 2008). Na Figura 8 é possível observar o processo de limiarização.

Figura 8 - Exemplo da técnica de limiarização



Fonte: Stackoverflow, 2015, não paginado.

2.2.5.2 Detecção de pontos

A detecção de pontos isolados em uma imagem com fundo constante pode ser obtida usando-se uma máscara 3x3, conforme Figura 9. Gonzales e Woods (2008) descrevem que essa formulação simplesmente mede as diferenças ponderadas entre um pixel e seus vizinhos-8. A ideia é que a intensidade de um ponto isolado será muito diferente do seu entorno e portanto será facilmente detectável por esse tipo de máscara.

Figura 9 - Máscara para detecção de pontos

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Fonte: Gonzalez e Woods, 2008, p. 459.

As únicas diferenças de intensidade que são de interesse são aquelas diferentemente grandes para serem consideradas pontos isolados (GONZALEZ; WOODS, 2008).

2.2.5.3 Detecção de linhas

Para a detecção de linhas é utilizada a mesma técnica com algumas particularidades. Gonzales e Woods (2008) afirmam que a direção preferencial de cada máscara é ponderada com um coeficiente maior (ou seja 2) do que os outros sentidos possíveis, como na Figura 10.

Figura 10 - Máscara para detecção de linhas

-1	-1	-1	-1	-1	2	-1	2	-1	2	-1	-1	-1
2	2	2	-1	2	-1	-1	2	-1	-1	2	-1	-1
-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2	-1	-1	-1	2	2
Horizontal			+45°			Vertical			-45°			

Fonte: Gonzales e Woods, 2008, p. 461.

Nas máscaras para detecção de linhas da Figura 10, os ângulos são em relação ao sistema de eixos do pixel central, para o reconhecimento de traços verticais, horizontais e diagonais.

2.2.5.4 Detecção de bordas

Para detecção de discontinuidades em uma imagem, podem ser aplicadas técnicas de detecção de bordas. Gonzales e Woods (2008, p. 456) afirmam que “os pixels de borda são os pixels em que a intensidade de uma função imagem muda

abruptamente”, ou seja, seu pixels vizinhos terão um nível de contraste de tons de cinza alto em relação ao ponto de borda.

A detecção de bordas pode ser obtida pelo uso de filtros de derivada, dentre eles encontram-se os operadores de Roberts, Prewitt e Sobel.

2.2.5.4.1 Operador Roberts

É o mais antigo e mais simples algoritmo de detecção de bordas. Este operador pode ser comparado por duas componentes.

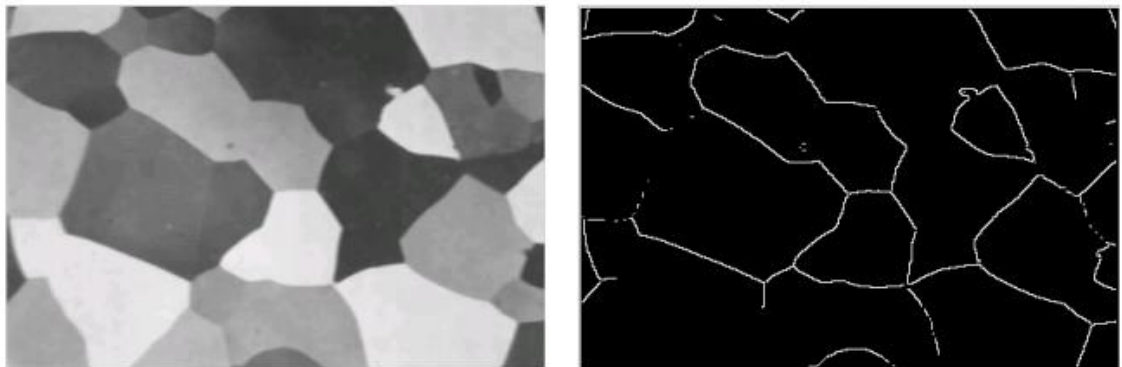
Figura 11 - Operador Roberts

1	0	0	1
0	-1	-1	0

Fonte: Gonzales e Woods, 2008, p. 109.

Como resultado de sua aplicação, obtém-se uma imagem com altos valores de nível de cinza, em regiões de contrastes bem definidos e valores baixos em regiões de pouco contraste. Uma desvantagem deste operador é a sua assimetria: dependendo da direção, certas bordas são mais realçadas que outras, mesmo tendo magnitude igual. O resultado do operador Roberts é demonstrado através da ilustração da Figura 12.

Figura 12 - Exemplo do operador Roberts



Fonte: Thomé, [201-], não paginado.

2.2.5.4.2 Operador Sobel

O operador de Sobel detecta as bordas de uma imagem através das derivadas parciais em todos os pontos da imagem. A Figura 13 mostra as máscaras utilizadas pelo operador Sobel nas direções horizontais e verticais para implementação do método.

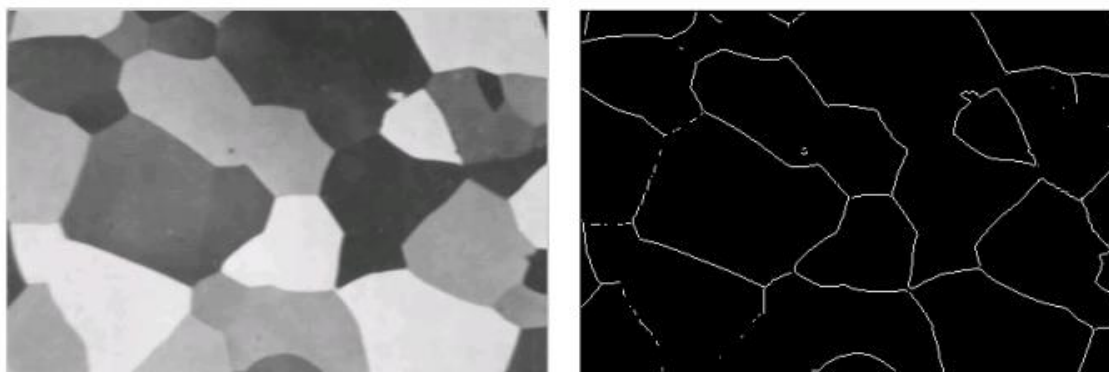
Figura 13 - Operador Sobel

1	0	-1	-1	-2	-1
2	0	-2	0	0	0
1	0	-1	1	2	1

Fonte: Gonzales e Woods, 2008, p. 109.

O operador de Sobel tem a propriedade de realçar linhas verticais e horizontais mais escuras que o fundo, sem realçar pontos isolados. A detecção de bordas é obtida pela limiarização da magnitude do gradiente. A Figura 14 ilustra o resultado da detecção de bordas utilizando o operador Sobel.

Figura 14 - Exemplo operador Sobel



Fonte: Thomé, [201-], não paginado.

2.2.5.4.3 Operador Prewitt

Muito semelhante ao operador de Sobel, encontra as bordas utilizando aproximação da derivada. Retorna as bordas onde o gradiente da imagem é o máximo. Sua máscara (Figura 15) possui pesos menores nos pontos próximos ao pixel central da matriz.

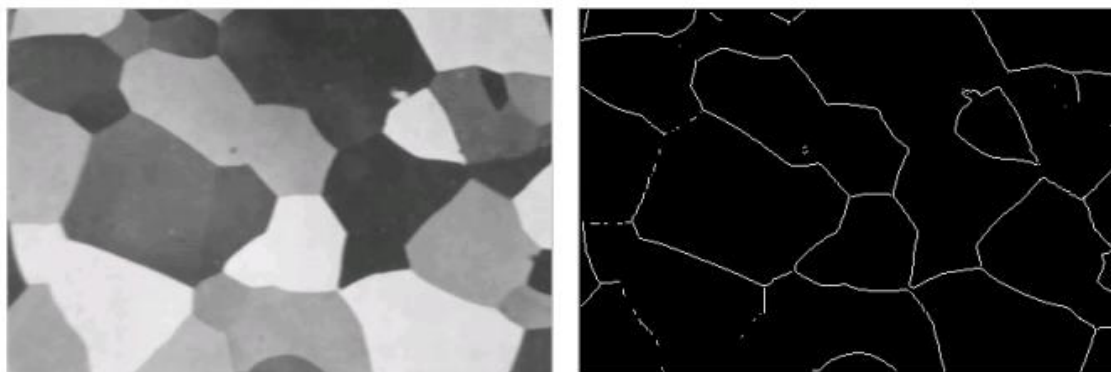
Figura 15 - Operador Prewitt

1	0	-1	-1	-1	-1
1	0	-1	0	0	0
1	0	-1	1	1	1

Fonte: Gonzales e Woods, 2008, p. 467.

É possível observar, ao comparar a Figura 16 com a Figura 14, a semelhança dos operadores, Sobel e Prewitt, inclusive no resultado de suas aplicações.

Figura 16 - Exemplo operador Prewitt



Fonte: Thomé, [201-], não paginado.

2.2.5.4.4 Canny

Segundo Gonzales e Woods (2008) a abordagem de Canny baseia-se em três objetivos básicos:

- Baixa taxa de erro: Todas as bordas detectadas devem ser o mais próximas possível das bordas verdadeiras.
- Os pontos de borda devem estar bem localizados: Isto é, a distância entre um ponto marcado como uma borda pelo detector e o centro da borda verdadeira deve ser mínima.
- Resposta de um único ponto de borda: O detector deve retornar apenas um ponto para cada ponto de borda verdadeira. Isso significa que o detector não deve identificar múltiplos pixels de borda em que apenas um único ponto de borda existe.

Esta tarefa pode ser feita suavizando primeiro a imagem com uma função gaussiana circular 2-D, calcular o gradiente do resultado e, em seguida, usar a magnitude do gradiente e a direção para estimar a intensidade da borda e a direção em cada ponto (GONZALES; WOODS, 2008). Os passos para a implementação da mesma através da biblioteca OPENCV podem ser encontrados em (DOC. OPENCV 2.4.13.4, 2014).

A Figura 17 ilustra um resultado da técnica implementada.

Figura 17 - Exemplo detector de bordas Canny



Fonte: OpenCv, [201-], não paginado.

2.2.5.5 Operações Morfológicas

Após a aplicação das técnicas de segmentação, podem persistir na imagem de saída pequenos componentes que não correspondem ao objeto de interesse, esses componentes normalmente estão associados a presença de ruídos na imagem inspecionada (VARGAS, 2016). Para obter melhores resultados no processamento são aplicadas operações morfológicas de erosão e dilatação, que utilizam elementos estruturantes, pequenas janelas, para percorrer todas as posições (x,y) de uma imagem f .

2.2.5.5.1 Erosão

No processo de erosão deve-se deslizar o elemento estruturante sobre a imagem f e para cada pixel x verificar a configuração de sua vizinhança em relação à estrutura do elemento estruturante (FACON, 2011). Por se tratar de uma imagem binária, os pixels contém dois tipos de informação, o fundo e os pixels relevantes. Para

cada pixel x , tenta-se identificar semelhança com a vizinhança de x . Segundo Facon, (2011) caso seja identificada vizinhança, o pixel x na imagem erodida será considerado um pixel relevante e será preservado. Caso contrário, ele será considerado como irrelevante e será apagado. Na Figura 18 é possível visualizar um exemplo da operação.

Figura 18 - Exemplo operação Erosão



Fonte: Facon, 2011, p 65.

2.2.5.5.2 Dilatação

O processo da dilatação se assemelha com a erosão porém com resultados distintos. O elemento estruturante, posicionado e centrado em cada pixel x de f desliza na imagem f e verifica uma possível interseção com a vizinhança de x . Caso seja verdadeiro, o ponto central na imagem resultado será considerado um pixel relevante e será marcado como tal. Caso contrário, ele será considerado como irrelevante e será apagado (FACON, 2011). Na Figura 19 é demonstrado um exemplo da operação de dilatação.

Figura 19 - Exemplo operação Dilatação



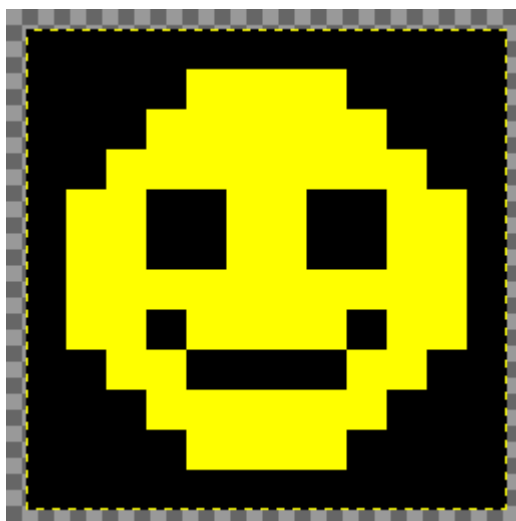
Fonte: Facon, 2011, p 67.

2.2.6 Transformação de *raster* para vetorial

Imagem *raster*, (ou *bitmap*, que significa *mapa de bits em inglês*) são imagens que contêm a descrição de cada *pixel*, em oposição aos gráficos *vetoriais*. Para efetuar a transformação de imagem *raster* para *vetorial* foi utilizada a biblioteca gratuita chamada *ImageTracer*. A mesma foi criada para desenvolvedores *Java* realizarem a conversão de *raster* para *vetores*, é uma biblioteca simples e de código livre.

Como exemplo, é dado como entrada no sistema proposto a imagem da Figura 20, as bordas da figura em xadrez fazem referência a transparência. Conforme documentação da biblioteca, a mesma realiza os seguintes passos para a transformação da imagem:

Figura 20 - Imagem de entrada

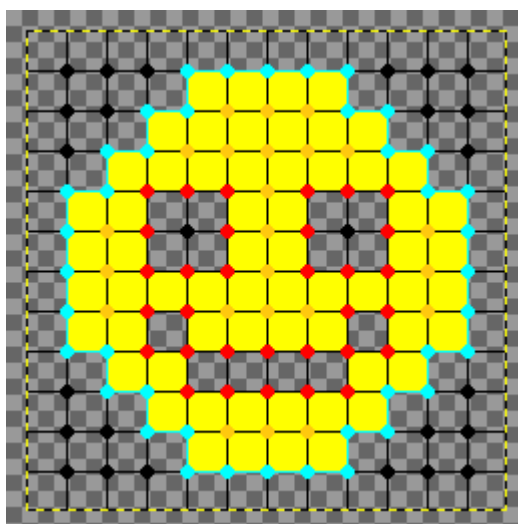


Fonte: Jankovics, [201-], não paginado.

Inicialmente a biblioteca usará a função *colorquantization* para criar uma imagem indexada. Na computação, a cor indexada é uma técnica para gerenciar as cores das imagens digitais de forma limitada, a fim de economizar memória do computador e armazenamento de arquivos, enquanto aceleram a atualização e as transferências de arquivos (INDEXED COLOR, 2017).

Após criar essa paleta de cores, a biblioteca utiliza a função *layering* para criar *arrays* para cada cor encontrada e calcula tipos de nós, pontos de controle, de borda. Como o processamento de imagem se encarregará de destacar somente o molde, ou seja, pixels de fronteira, essa parte ficará facilitada para a biblioteca de conversão. Por fim desta etapa a biblioteca utiliza a função *pathscan* que é capaz de encontrar os pontos cianos e as linhas, conforme é possível visualizar na Figura 21.

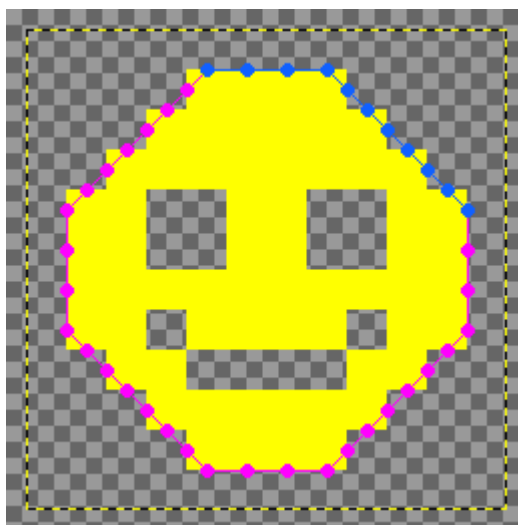
Figura 21 - Detecção dos pontos cianos e linhas



Fonte: Jankovics, [201-], não paginado.

Após encontrar os traços do objeto, a biblioteca utiliza a função *interpolation* para interpolar as coordenadas dos caminhos do nó de borda. Cada segmento de linha no novo caminho tem uma das 8 direções possíveis. Após isso a função *tracing* divide os caminhos interpolados em sequências com duas direções conforme ilustra a Figura 22.

Figura 22 - Interpolando as coordenadas de caminhos de nó de borda



Fonte: Jankovics, [201-], não paginado.

Na Figura 23 é possível verificar o resultado da conversão realizada pela biblioteca. A função *fitseq* tenta ajustar uma *spline* quadrática através do ponto de erro.

Spline é uma curva definida matematicamente por dois ou mais pontos de controle. Os pontos de controle que ficam na curva são chamados de nós. Os demais pontos definem a tangente à curva em seus respectivos nós.

Figura 23 - Ajustes finais e resultado da vetorização



Fonte: Jankovics, [201-], não paginado.

A função *fitseq* tenta ajustar uma linha reta no ponto inicial e final da sequência (linha preta). Se o erro de distância entre os pontos calculados (linha preta) e os pontos de sequência reais (pontos azuis) for maior do que o entalhe, o ponto com o maior erro é selecionado (linha vermelha), processo descrito representado na

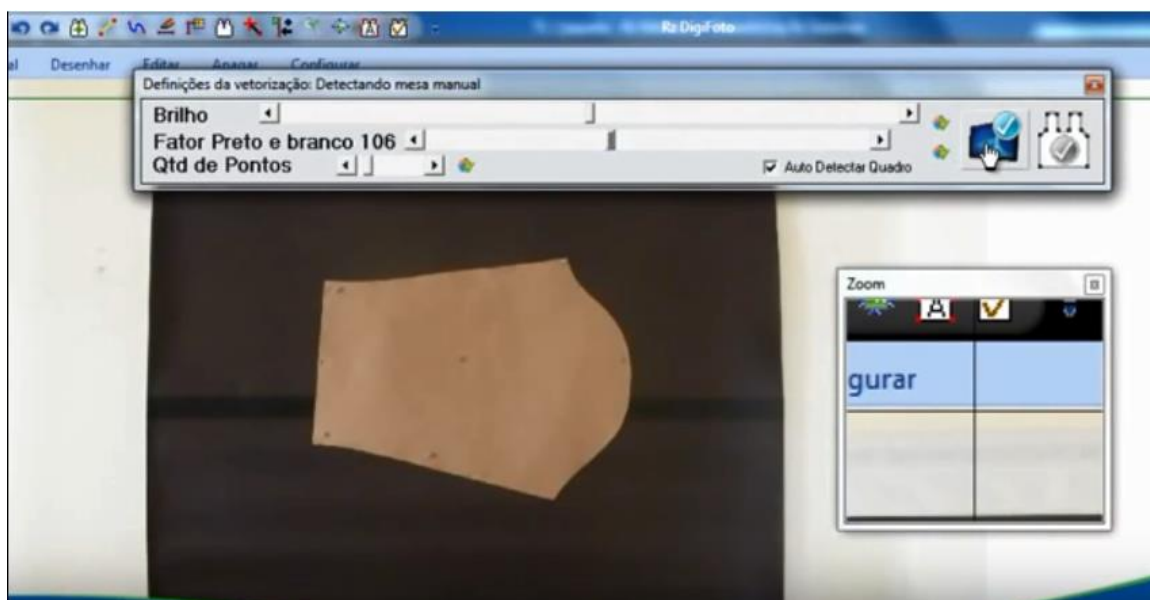
permite que o usuário corrija as ligações inconsistentes.

Após a digitalização é possível, com outro *software* da marca, unir os moldes digitalizados, podendo então realizar o processo de encaixe, que como já descrito, é uma importante tarefa que visa aproveitar o máximo e minimizar o desperdício de tecido na execução do corte.

2.2.7.2 RZ Cad Têxtil

Empresa do município de Gaspar, Santa Catarina, a RZ possui diversas ferramentas para o setor têxtil, entre elas também possui um processo para a digitalização de fotografias. Conforme é possível observar na Figura 25 a ferramenta disponibiliza uma janela com zoom detalhado, outra janela com parâmetros para serem ajustados para o processamento e de fundo a imagem que será transformada em arquivo de encaixe. Da mesma forma que o software anterior, após a digitalização é possível unir os moldes digitalizados para realizar o processo de encaixe com outro *software* da marca.

Figura 25 - Interface *software* RZ Cad Têxtil



Fonte: cadtextil, 2011, não paginado.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão descritas as funcionalidades e apresentados os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, além dos métodos para validar os resultados obtidos por meio do mesmo.

3.1 Descrição do sistema

A pesquisa efetuada por este projeto é de natureza aplicada, pois o conhecimento adquirido será utilizado em uma aplicação prática. Do ponto de vista do problema, trata-se de uma pesquisa qualitativa, pois não pode ser traduzida em números. Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa realizada pode ser classificada como exploratória por ter sido necessária a realização de pesquisas em bibliografias e teses.

O presente trabalho foi desenvolvido para vetorização de imagens de moldes de roupas através de processamento de imagem. A partir da entrada do usuário, uma imagem digital, o sistema produzirá um arquivo vetorial, ideal para a tarefa de construção de encaixe e posterior plotagem para o corte na talhação.

Após a captura da imagem, a mesma é disponibilizada ao sistema em uma interface para que o sistema proposto realize toda a tarefa de processamento e transformação da imagem digital em arquivo vetorial. Para melhor entendimento da demanda do sistema proposto após coleta de dados e pesquisa realizada (descritas nos capítulos 1 e 2), foram detectados os seguintes requisitos funcionais e não funcionais.

Requisitos funcionais

1. O sistema deve permitir a entrada de imagens digitais
2. O sistema deve detectar as bordas do objeto na imagem de entrada.
3. O sistema deve retirar somente o objeto, molde, na imagem de entrada
4. O sistema deve converter essa imagem em arquivo vetorial
5. O sistema deve, na conversão manter o tamanho real do objeto digitalizado
6. O sistema deve gravar este arquivo vetorizado em disco
7. O sistema deve dispor de ferramenta para a limpeza de ruídos no objeto digitalizado.

8. O sistema deve dispor de ferramenta para ajustes na falha de detecção da borda do objeto digitalizado
9. Sistema deve possuir ferramenta de auxílio a medição do tamanho do objeto digitalizado

Os requisitos 2, 3, 4, 5 descritos acima são referentes ao processo principal proposto pelo sistema, que é a conversão da imagem digital em arquivo vetorial. Os requisitos 7, 8 e 9 são ferramentas para melhorar a experiência do usuário com o sistema proposto. Os requisitos 1 e 6 se tratam dos dados de entrada e saída do sistema.

Requisitos não funcionais

1. O sistema deve possuir interface simples.
2. O sistema deve ser multiplataforma desktop.
3. O sistema deve utilizar ferramentas e bibliotecas livres ou de código aberto.

O primeiro requisito parte de um conceito da criação deste sistema, de que a interface deve ser intuitiva o bastante para o usuário manipulá-la com o mínimo treinamento. O segundo é para tornar o sistema proposto mais dinâmico, não limitando seu uso a plataformas. O último requisito é uma forma de valorizar as bibliotecas e ferramentas de código aberto ou livres, que são muito importantes para trabalhos de pesquisa além de possibilitarem a redução de custos do sistema.

3.2 Materiais

Como parte da solução para o sistema proposto, foi necessário o desenvolvimento de uma estrutura específica para capturar as imagens dos moldes. A estrutura é simples, foi desenvolvida de madeira com tamanho de 60x60 centímetros. Possui uma cor contrastante à do objeto para facilitar a separação do objeto de interesse (molde) do fundo da imagem.

Conforme Figura 26, a imagem mostra o modelo de captura que foi utilizado nos testes do projeto, formada por câmera, estrutura e molde.

Figura 26 - Modelo de captura da imagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

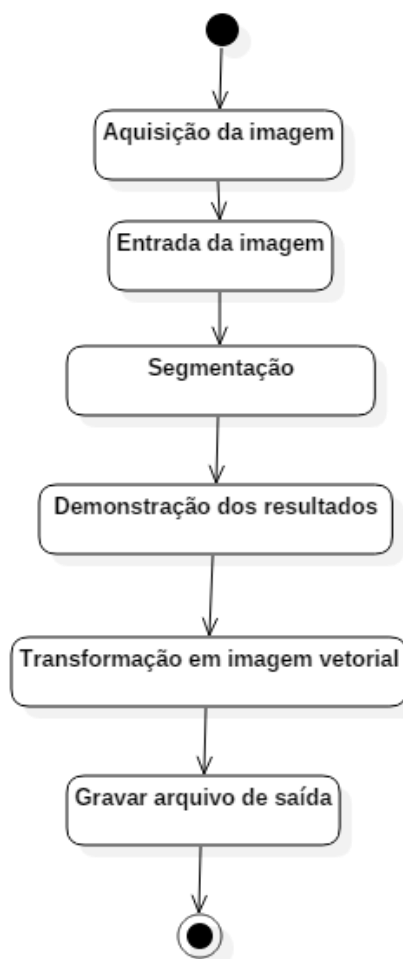
O sistema proposto foi implementado utilizando o ambiente de desenvolvimento Eclipse e as bibliotecas OpenCV, para o processamento de imagens, e ImageTracer, para a transformação em arquivo vetorial.

3.3 Métodos

Na Figura 27 é apresentado um fluxograma das tarefas realizadas para a execução da conversão de imagem digital para uma imagem vetorial. A tarefa inicial é a captura de uma imagem através da estrutura definida na seção 3.2. Após a aquisição da imagem, a mesma deve servir como dado de entrada para a aplicação.

O sistema, após verificação da imagem, iniciará a conversão do dado de entrada, e após um tempo de processamento, deverá exibir o resultado para o usuário para que o mesmo coloque informações e ajustes pertinentes ao molde e, posteriormente, realizar a gravação deste arquivo convertido em arquivo vetorial.

Figura 27 - Fluxograma



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

3.3.1 Segmentação

Após a aquisição da imagem do molde é necessária uma etapa para separar o objeto de interesse (molde) do fundo da imagem. Para isso foram empregadas as técnicas de limiarização e operações morfológicas, descritas na seção 2.2.5.1 e 2.2.5.5 respectivamente.

Com a imagem contendo somente pixels 0 e 1, a técnica de detecção de bordas, conforme descrita na seção 2.2.5.4, aumenta significativamente sua precisão, pois conforme descrito na seção 2.2.1.1, através da detecção da vizinhança do pixel é possível saber se este é um pixel de fronteira, que é destacado como borda.

Com a detecção das bordas do objeto, o sistema cria uma matriz, com destaque somente para os pixels de fronteira; essa matriz é utilizada para a próxima etapa, que

se trata da conversão de imagem raster para vetorial.

3.3.3 Conversão para arquivo vetorial

Após realizado o processamento da imagem e transformada em matriz, será chamada a função `imageToSVG` da biblioteca `ImageTracer`, que é responsável por realizar a conversão da matriz em arquivo vetorial, conforme descrito na seção 2.2.6. Para aplicar a proporcionalidade na conversão a biblioteca possui uma propriedade chamada *scale*, onde cada coordenada será multiplicada por este valor para escalar a imagem vetorial. Através da informação inserida pelo usuário, seja do tamanho total ou através da ferramenta para informação parcial, o sistema realiza o cálculo e define a escala apropriada.

3.4 Validação da proposta

Após todo o processamento e transformação de imagem *raster* para vetorial, para se validar os resultados obtidos, o projeto imprimiu os modelos utilizados nos testes para compará-los com os moldes reais, que serviram como dados de entrada para a vetorização. A impressão foi realizada a partir dos arquivos de saída do sistema proposto na impressora `CG 130SR II cutting plotter` em papel 90gr riscado em plotter de recorte `Mimaki`. A comparação foi realizada colocando um molde sobre o outro e analisando a similaridade da forma através do encaixe dos mesmos.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com a pesquisa realizada.

Para construção dos casos de teste foi utilizado uma estrutura para a captação das imagens, estrutura essa de madeira com dimensões de 60x60 centímetros e cor contrastante aos moldes utilizados. A captura das imagens foi através de um aparelho celular de 8 mega pixels. O motivo de utilizar o celular foi para permitir a utilização do sistema com imagens de qualidade inferior as grandes resoluções exigidas por *softwares* correlatos. As imagens foram retiradas aproximadamente a 60 centímetros da estrutura em sentido horizontal com luz em ambiente natural e flash da câmera ativado.

Para avaliar o sistema proposto foram utilizados moldes de uma grade de calça com 3 tamanhos cada, disponibilizados por uma indústria têxtil. A Figura 28 ilustra um dos moldes utilizados. Como é possível perceber nessa imagem, alguns moldes contêm elementos, como marcações e riscos feitos durante a etapa de corte, que podem dificultar a etapa de processamento.

No momento do preparo da base de dados, captura das imagens, foram retiradas as medidas dos moldes para comparação após o processamento pelo sistema proposto.

Figura 28 - Ilustração do molde utilizado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

No próximo capítulo, serão apresentados os procedimentos tomados pelo sistema proposto no processamento de uma imagem.

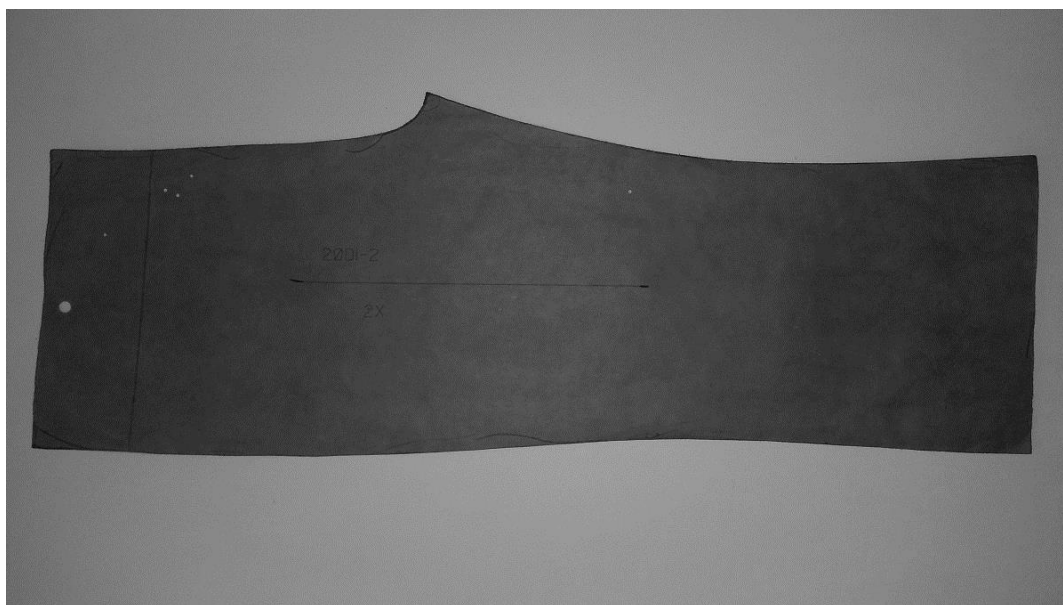
4.1 Processamento de uma imagem

Para ilustrar o processamento de uma imagem, será utilizada imagem do molde da Figura 28. Nesta imagem o sistema realizará diversos processos para atingir o objetivo de vetorização da imagem.

Foram realizados diversos testes, com alterações nos parâmetros das funções da biblioteca, diferentes iluminações na captura da imagem, tudo para alcançar melhores resultados. Após o procedimento de ajustes, o sistema proposto se mostrou estável para os processamentos conforme será mostrado adiante.

Como primeiro passo para a vetorização o sistema realiza o procedimento de limiarização, da biblioteca OpenCV, a saída, após esse processo, é uma imagem somente com pixels 0 e 1, imagem binária. Conforme pesquisa a biblioteca se mostrou mais eficiente neste processo quando a imagem está em tons de cinza, para isso foi usada função da biblioteca para transformar a imagem conforme é possível ver na Figura 29.

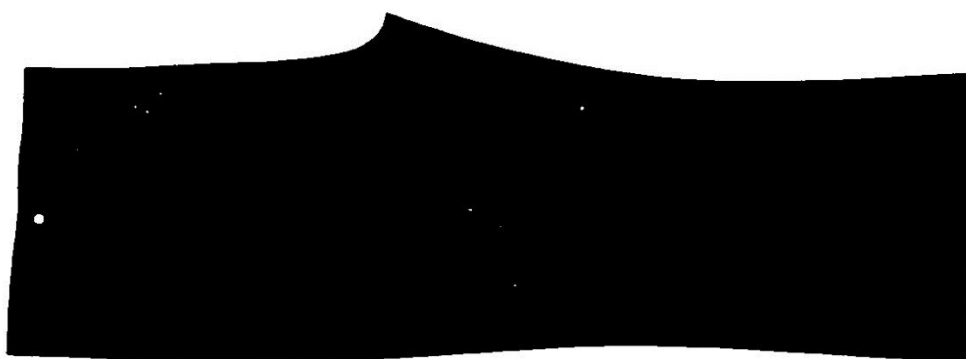
Figura 29 - Imagem em escala de cinza



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Com a imagem em escala de cinza, o sistema realiza a limiarização, como é possível ver na Figura 30.

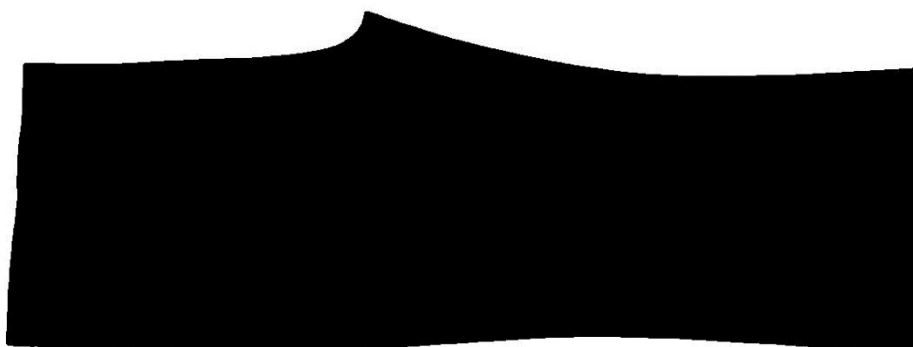
Figura 30 - Imagem limiarizada



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Após o processamento da parte inicial o sistema realiza também o procedimento de erosão na imagem, para acertar detalhes na mesma. Por se tratar de um molde de confecção, o mesmo traz algumas características particulares como o buraco na parte esquerda, outras imperfeições e riscos nas demais áreas. Para corrigir esses detalhes o sistema utilizou o processo de erosão como pode-se observar na Figura 31.

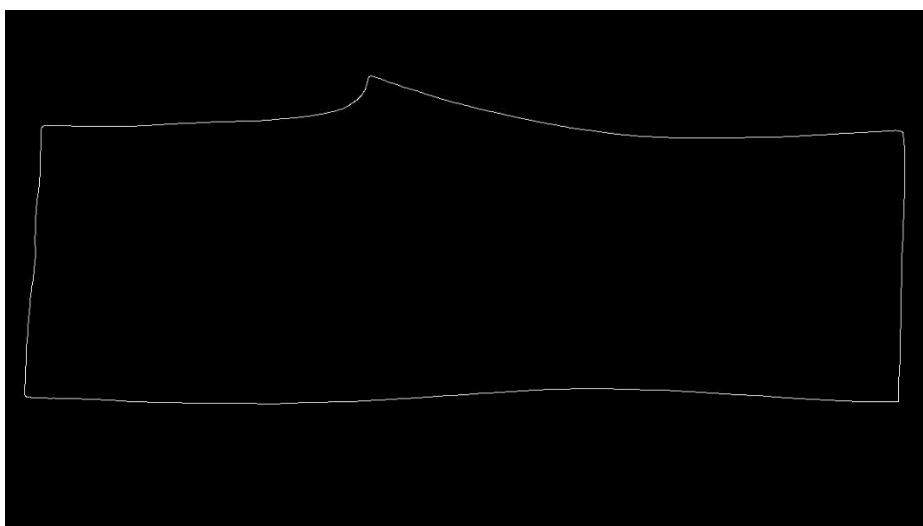
Figura 31 - Após processo de erosão



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Após todas essas etapas realizadas, com o objeto da imagem destacado, compacto e sem imperfeições é utilizada a função *Canny* da biblioteca OpenCV para realizar a detecção de bordas. O resultado da detecção de bordas é apresentado na Figura 32.

Figura 32 - Detecção de bordas Canny

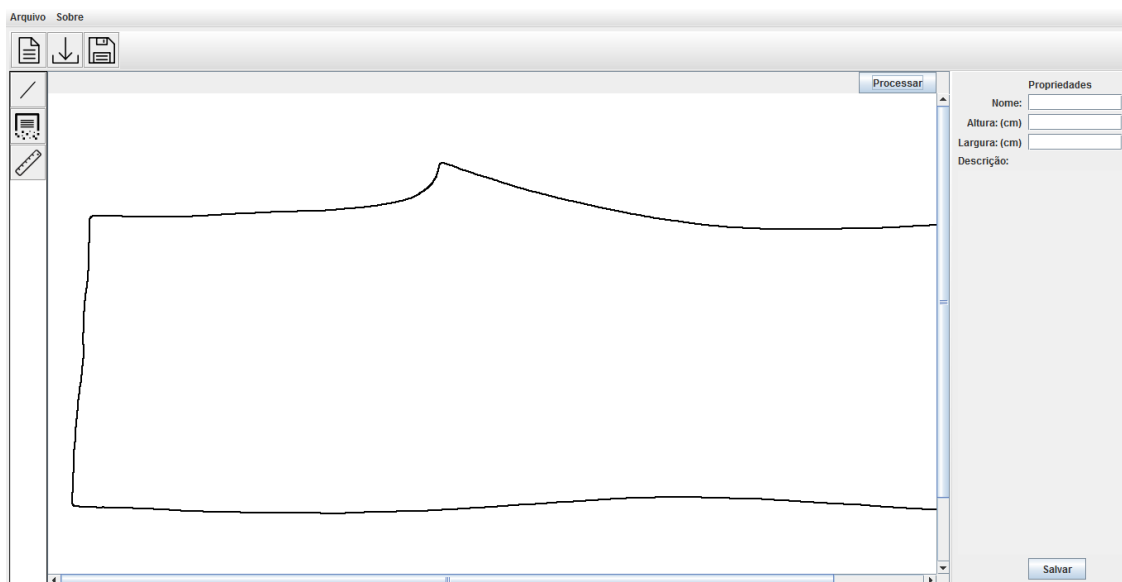


Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Com a imagem pós processamento da função *Canny*, o sistema usa a função *findContours* da biblioteca OpenCV, que retorna uma lista de pontos de borda encontrados pela função. O sistema percorre a lista e ponto a ponto desenha na tela

o contorno do molde, cada ponto da lista guarda suas coordenadas x, y, que são desenhadas na tela do sistema conforme podemos observar na Figura 33.

Figura 33 - Sistema após processamento de um molde



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Após exibir o resultado ao usuário o sistema habilita na parte direita opções para o preenchimento de informações pertinentes ao molde como nome, descrição, altura e largura. Se a opção de altura e largura forem preenchidas, o sistema usará essas medidas para definir a escala de proporção entre o tamanho da imagem e o tamanho real do molde, e, obter os pontos de contorno do molde para o seu tamanho real.

4.2 Funcionalidade

Nesta seção serão descritas algumas funcionalidades implementadas no sistema proposto para melhor experiência do usuário com a ferramenta.

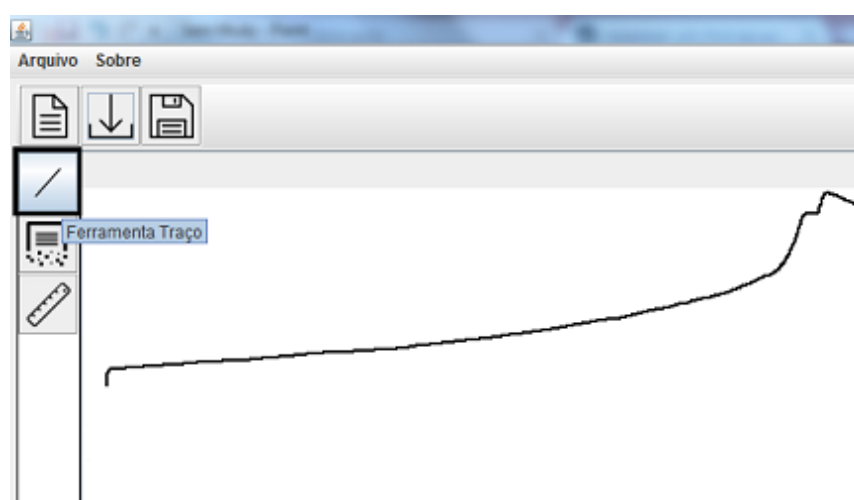
4.2.1 Gravação em disco

Para cumprir um dos requisitos do sistema proposto foram criadas opções para gravação do molde em disco e importação do mesmo pelo sistema.

4.2.2 Ferramenta traço

Conforme descrito durante a etapa de ajuste dos métodos o sistema se deparou com situações que podem acontecer no processamento do molde. A Figura 34 ilustra uma situação em que não foi detectada uma parte da borda. Para este tipo de ajuste foi desenvolvida a ferramenta de traço, a primeira no menu lateral a esquerda da tela conforme destaque na imagem.

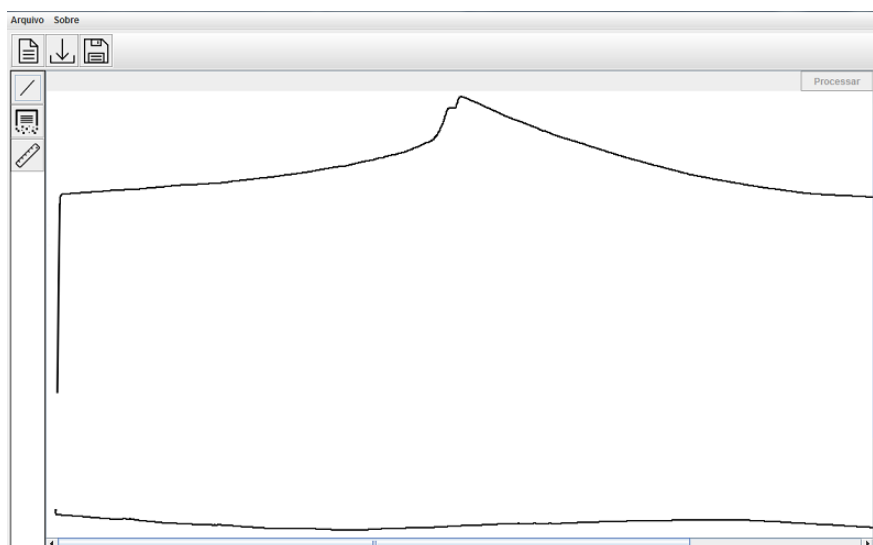
Figura 34 - Ferramenta de traço



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Após o usuário selecionar a ferramenta ele deve realizar dois cliques no painel, o primeiro será o ponto inicial onde o sistema cria um traço, e conforme o mouse vai se movendo pelo molde o sistema vai atualizando este traço até o segundo clique, como é possível ver na Figura 35.

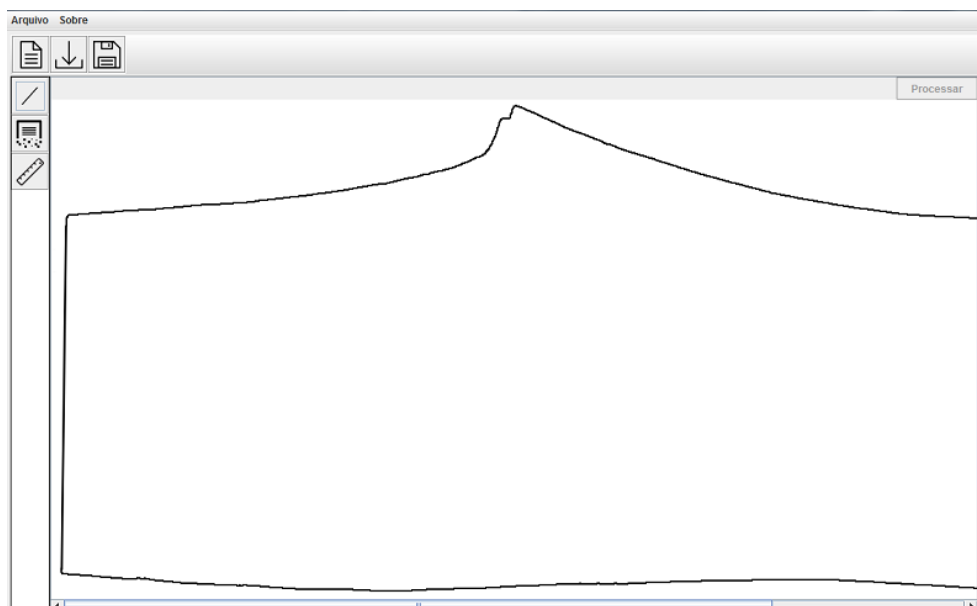
Figura 35 - Utilizando a ferramenta de traço



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Na Figura 34 o usuário realizou o clique inicial e está movendo o mouse para o clique final, após o segundo clique o resultado é apresentado na Figura 36, sendo possível verificar a funcionalidade da ferramenta para um processamento falho.

Figura 36 - Resultado da ferramenta traço



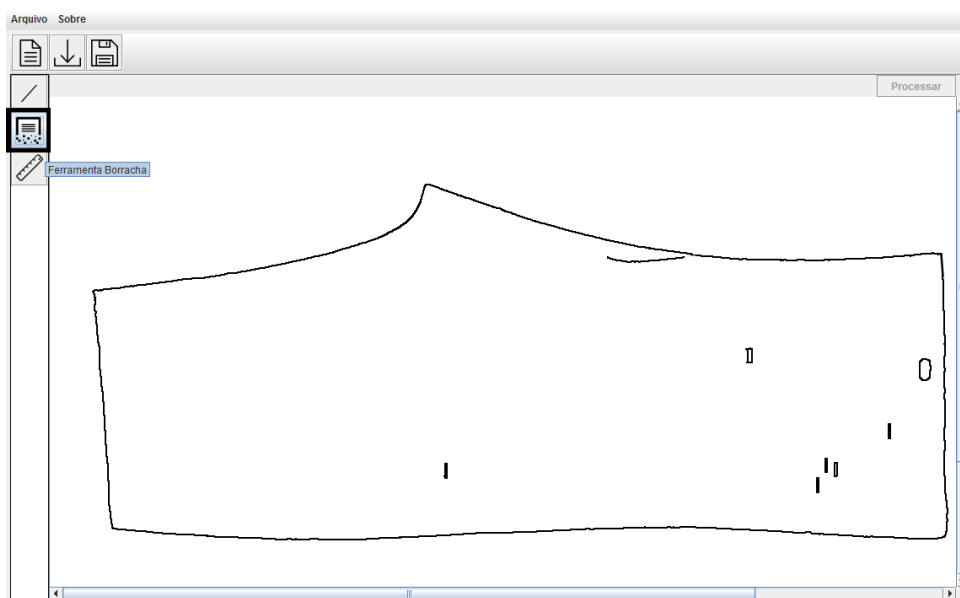
Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A ferramenta foi criada para ajustes em pequenas falhas encontradas após o processamento, diante de falhas mais complexas como nas curvas, recomenda-se a captura de uma nova imagem.

4.2.3 Ferramenta borracha

Outro caso encontrado nos testes foi após o processamento da imagem ficarem ruídos, como ilustrado na Figura 37, devido a presença de marcações e riscos nos moldes.

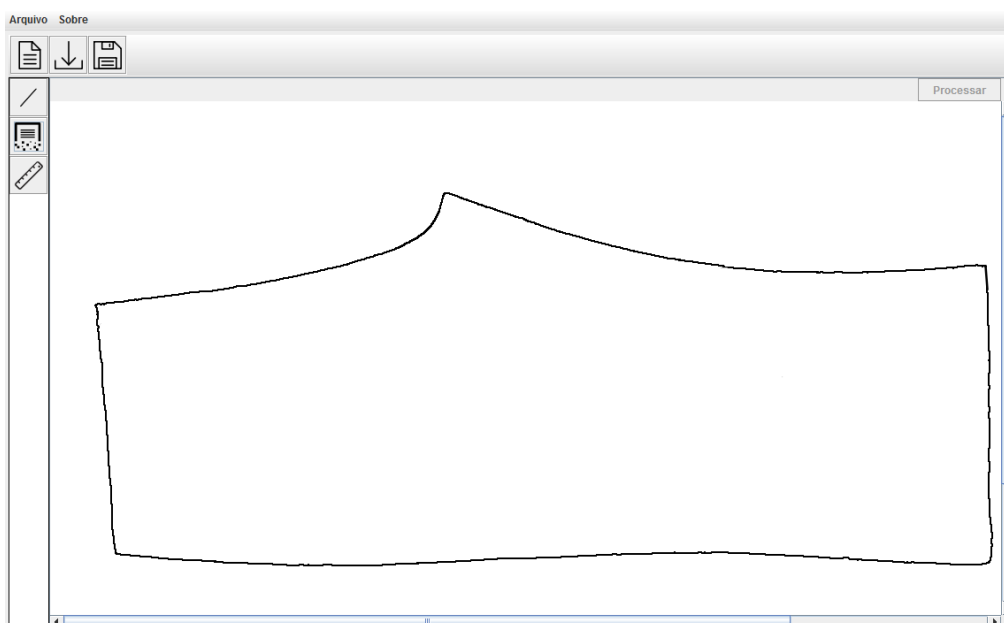
Figura 37 - Processamento com ruídos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A utilização desta ferramenta segue a mesma lógica da anterior, o usuário seleciona a mesma e leva o mouse até o ruído, com um primeiro clique no painel a ferramenta é ativada e começa a retirar os traços encontrados por onde o mouse está sendo movido, após um segundo clique a ferramenta é desativada e para de apagar. A eficácia da ferramenta é possível visualizar através da Figura 38.

Figura 38 - Resultado da ferramenta borracha

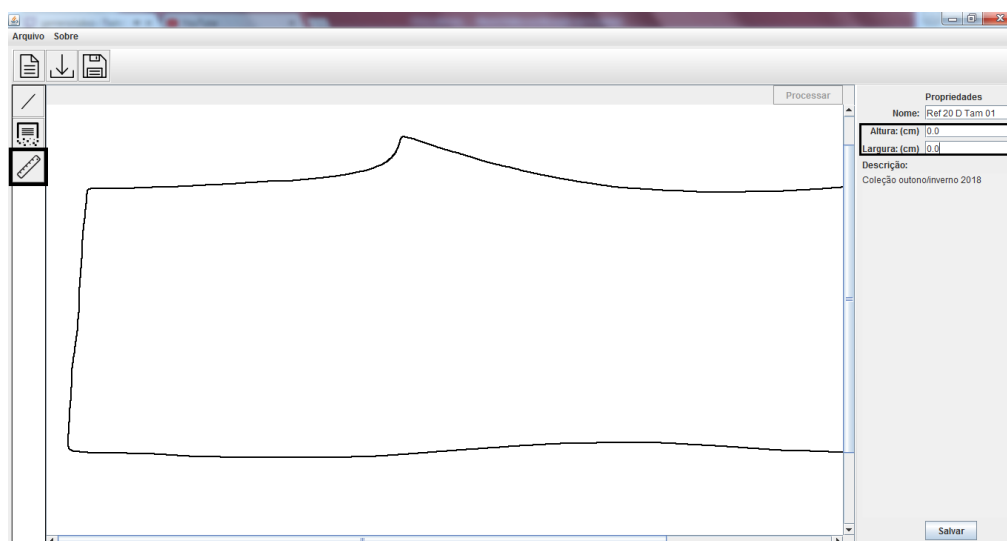


Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

4.2.4 Ferramenta régua

Para detecção do tamanho real dos moldes foi implementada uma ferramenta de detecção semiautomática. Basta o usuário informar a quantidade de centímetros de uma determinada região da imagem e o sistema identifica a escala para encontrar o tamanho real do objeto. A ferramenta pode ser útil já que com a necessidade de saber somente uma parte do molde não precisa medir todas as partes.

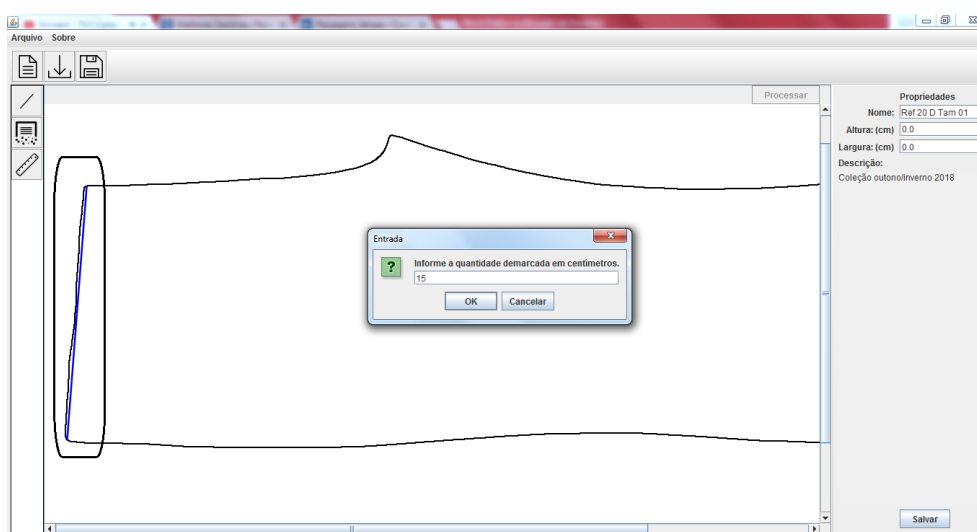
Figura 39 - Detecção do tamanho



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Como destacado no lado esquerdo da Figura 39, selecionado a ferramenta o sistema espera receber de entrada 3 informações, ponto inicial, ponto final e o valor em centímetros que existe entre o ponto inicial e final no molde. Na Figura 40 é retratada a seleção de uma parte do molde e a inserção do tamanho em centímetros. Como pode ser visto o sistema traça uma linha em azul e logo após solicita o tamanho do espaço selecionado.

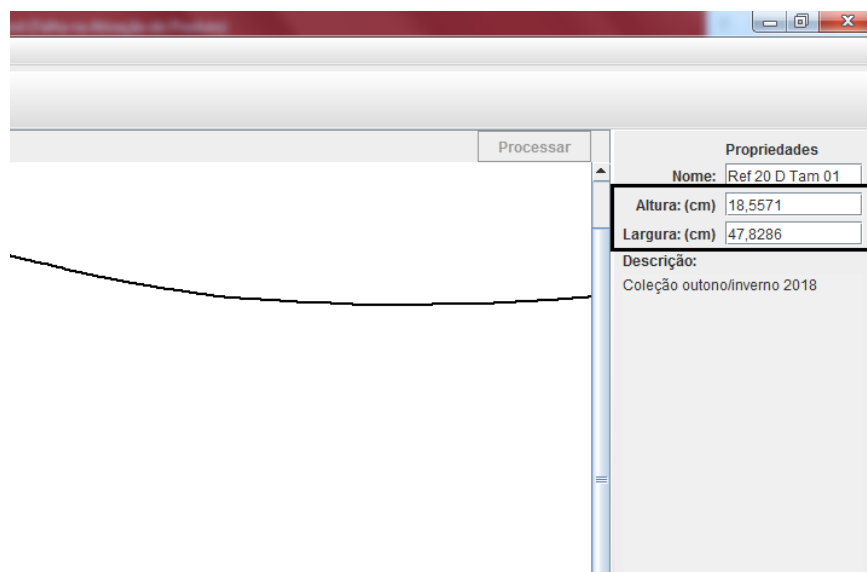
Figura 40 - Ferramenta régua



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Após inserir o valor do tamanho selecionado em centímetros, o sistema analisa a parte selecionada e verifica quantos pontos da imagem estão dentro do tamanho informado. Assim o sistema que já possui, após o processamento, os pontos de extremidade do molde consegue aplicar uma regra matemática para dizer aproximadamente o tamanho total de largura e altura. Conforme serão apresentadas as próximas imagens, é possível visualizar o tamanho que o sistema preencheu após a utilização da ferramenta régua. Na Figura 41, pode-se visualizar o resultado da ferramenta.

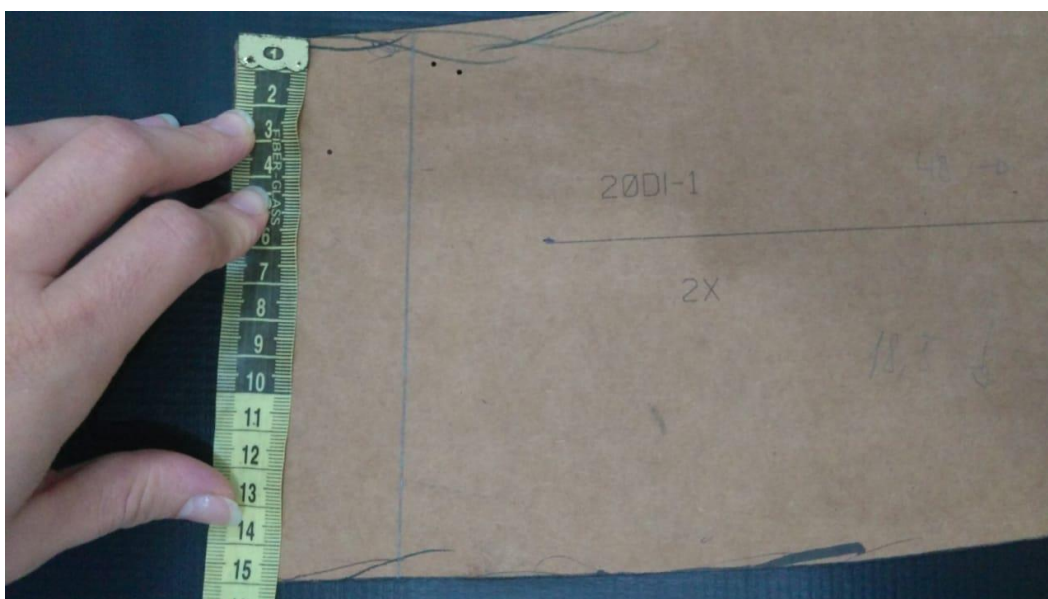
Figura 41 - Resultado da ferramenta régua



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nas imagens 42, 43 e 44, serão demonstradas informações do molde real que serviu de exemplo para as demonstrações no decorrer desse capítulo. Na Figura 42 é demonstrada a parte lateral que foi utilizada de exemplo na descrição da ferramenta seleção.

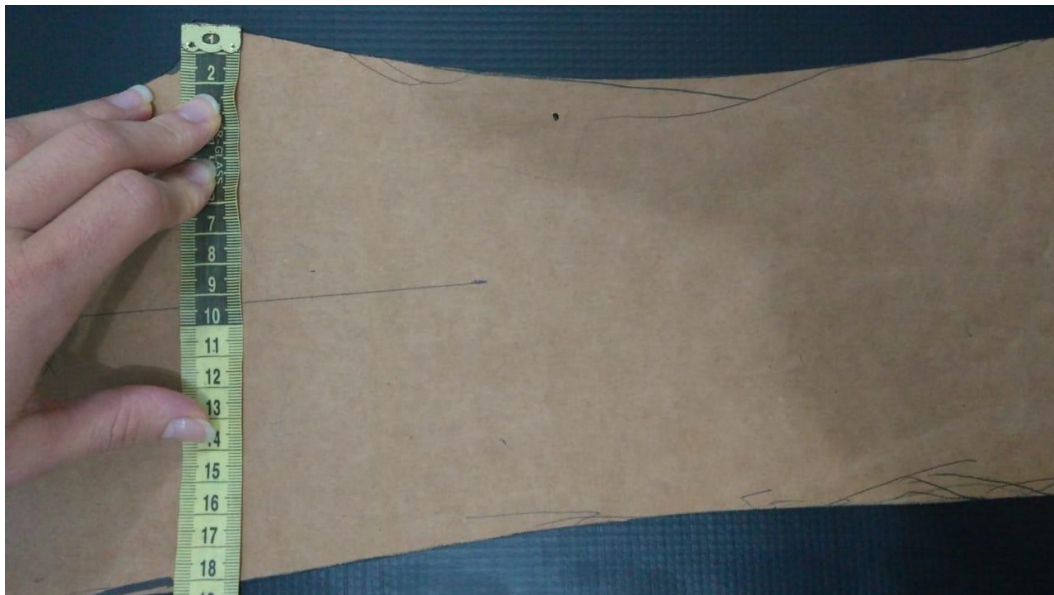
Figura 42 - Parte lateral utilizada para exemplo da ferramenta seleção



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Na imagem a seguir, é apresentado o tamanho da altura do molde.

Figura 43 - Altura do molde



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A próxima imagem exhibe o tamanho da largura do objeto.

Figura 44 - Largura do molde



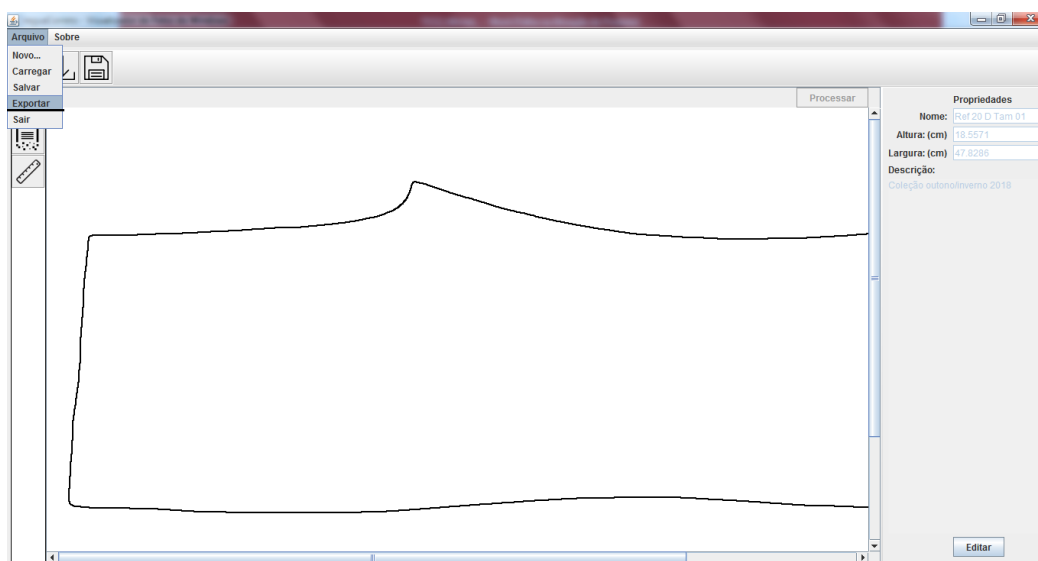
Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Conforme é possível ver na Figura 41, o sistema obteve uma taxa de acerto aceitável, acertando o valor da altura de 18,5 centímetros, e errando a largura, de 48 centímetros, por menos de 2 milímetros.

4.2.5 Exportação arquivo vetorial

Com o desenvolvimento do projeto e a execução de diversos testes o sistema adaptou os parâmetros, conforme descrito na seção 2.2.6, da biblioteca ImageTracer para uma conversão com maior eficácia. Dentre as propriedades da biblioteca utilizadas o parâmetro mais relevante para o processo foi a função *scale*, que é a responsável por converter o objeto mantendo o tamanho real do mesmo. Na próxima Figura, 45, é apresentado a forma que o usuário pode realizar o processo de exportação do arquivo vetorial.

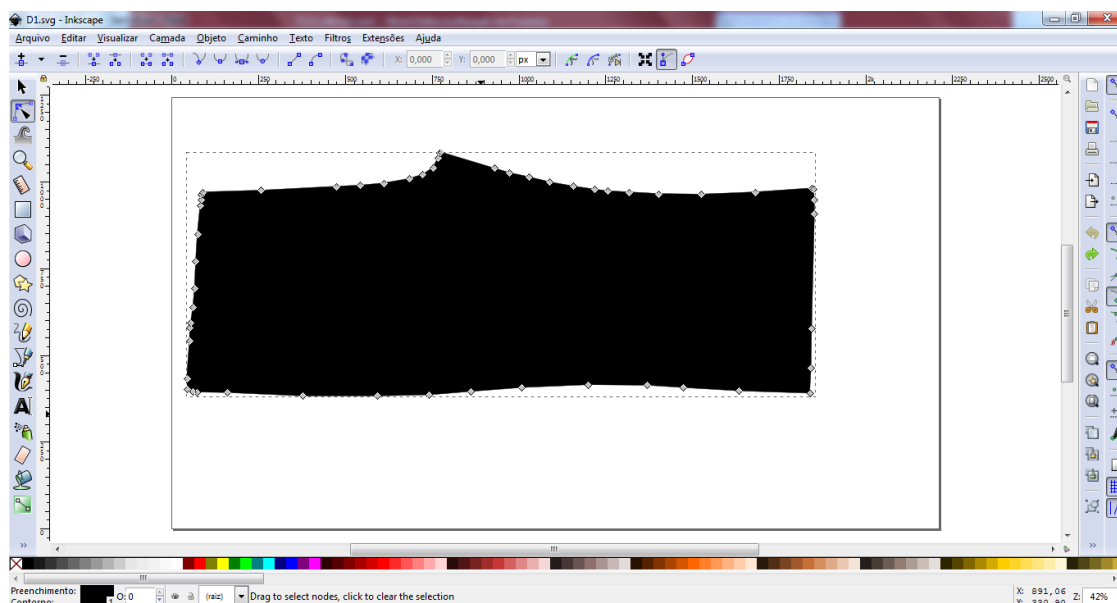
Figura 45 - Opção exportar arquivo vetorial



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A próxima imagem se refere a um software, Inkscape, onde é possível abrir imagens vetorizadas, o aplicativo foi utilizado para validar o arquivo de saída gerado pelo sistema. Como pode ser visto na Figura 46 o arquivo de saída é somente um objeto, é possível observar através dos pontos no mesmo.

Figura 46 - Arquivo de saída na interface do Inkscape,



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

4.3 Resultados da vetorização para grade de calça

Para avaliação final do sistema de vetorização proposto foram utilizados moldes de uma grade de calça com 3 tamanhos cada (01, 02 e 03). Na representação Di significa parte dianteira, e Tr parte traseira da calça, é desta maneira que essa referência é trabalhada no meio da confecção, onde ambas serão costuradas no processo final da construção da peça.

Esses moldes foram utilizados como entrada do sistema proposto. A impressão foi realizada a partir dos arquivos de saída do sistema na impressora CG 130SRII cutting plotter em papel 90gr riscado em plotter de recorte Mimaki.

Para avaliar os resultados do método proposto foi realizada uma análise subjetiva da forma das imagens vetorizadas e uma análise quantitativa das medidas de altura e largura.

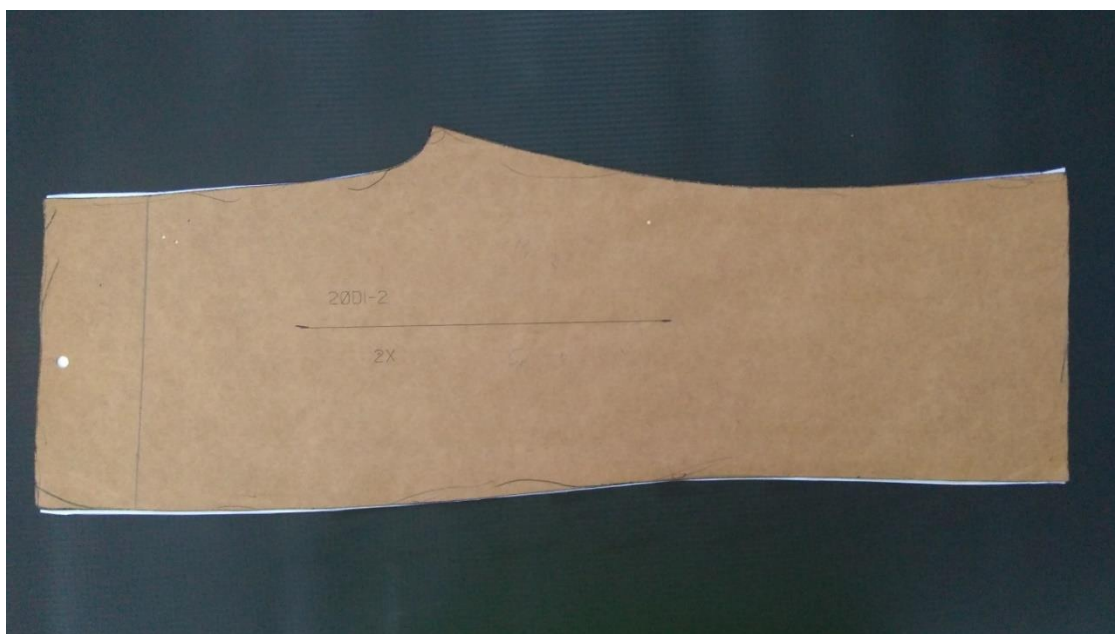
Para avaliar a forma das imagens vetorizadas foi realizada uma comparação entre os moldes reais e os moldes resultantes da impressão das imagens vetorizadas. A seguir são apresentadas imagens da sobreposição destes moldes para verificar a similaridade de suas formas. Cada imagem possui em sua legenda informações sobre os moldes que estão sendo comparados.

Figura 47 - Molde Di tamanho 02 sob o molde original



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 48 - Molde original Di tamanho 02 sob o molde impresso pelo sistema proposto



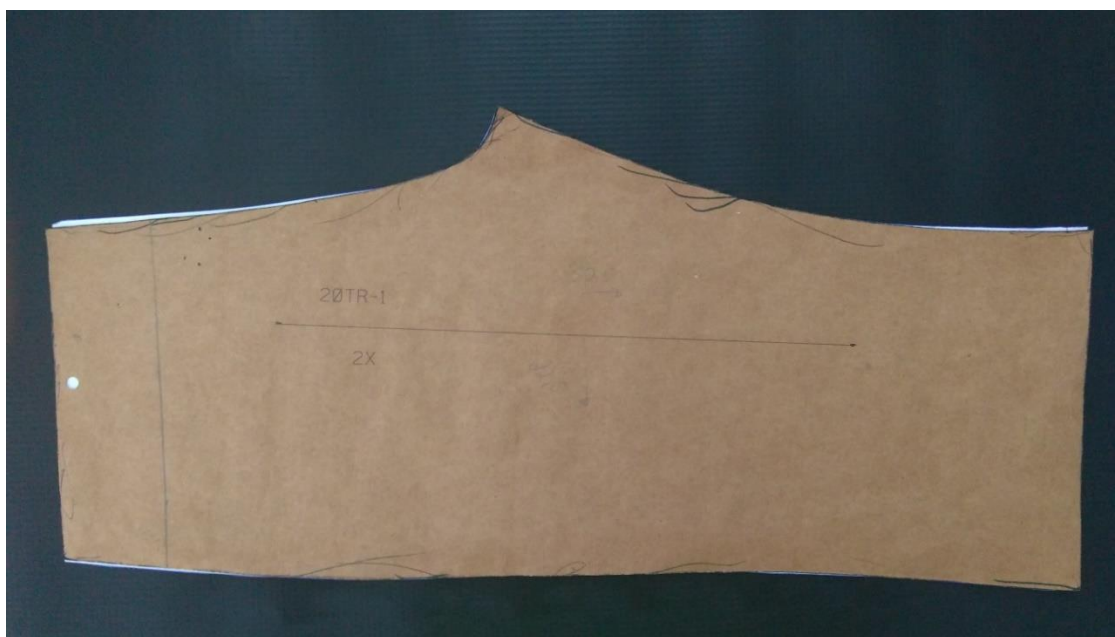
Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 49 - Molde Tr tamanho 01 sob o molde original



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 50 - Molde original Tr tamanho 01 sob o molde impresso pelo sistema proposto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nas imagens anteriores foi possível observar que em certos pontos a impressão não ficou perfeita. Porém, fica evidente que dos moldes testados o nível de similaridade de suas formas é bastante satisfatório.

Para uma avaliação quantitativa das medidas de altura e largura, foi verificado se essas medidas foram mantidas entre os moldes reais e os correspondentes moldes impressos. A seguir é demonstrado quadro com os tamanhos dos moldes reais e impressos. Destaca-se, que a maior diferença encontrada é de 2 milímetros na altura do molde Tr Tam 3.

Quadro 01 - Demonstrativos dos valores do modelo real e criado pelo sistema proposto

Referência	Modelo real		Modelo impresso	
	Largura (cm)	Altura (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)
Calça Di Tam 01	48	18,5	47,9	18,4
Calça Di Tam 02	52	19,3	51,9	19,2
Calça Di Tam 03	57	20	56,9	20,1
Calça Tr Tam 01	49,3	22,5	49,3	22,5
Calça Tr Tam 02	53	23,5	53	23,6
Calça Tr Tam 03	57	24,5	56,9	24,3

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Através de uma fita métrica, foram medidas as medidas largura e altura para realizar uma avaliação quantitativa do sistema proposto. Para o experimento deste projeto foi criada uma margem de aceitação na conversão de uma diferença da altura ou da largura de até 2 milímetros.

Deve ser ressaltado que a diferença máxima de 2 milímetros gerada pelo sistema proposto pode ser irrelevante devido as demais variáveis que envolvem o processo de construção de uma peça. Para a confecção mais eficaz de uma peça, além do molde ser preciso, é necessário que o corte seja cirúrgico, que o enfiado da malha esteja bem feito, que a costureira no ato de sua tarefa não tire mais que o necessário, enfim, são muitos processos até a parte final da peça que as tornam praticamente únicas já que dificilmente os profissionais realizaram tarefas perfeitas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste projeto permitiu uma análise de mercado e a viabilidade de criar um sistema para o setor têxtil, considerando seu potencial no vale do Itajaí. Foram analisados números dos últimos anos do setor têxtil, a cadeia produtiva de uma confecção, nicho de mercado nos empreendedores menores, sistemas correlatos, e foi constatado que a ferramenta criada pode otimizar processos e conseqüentemente o aumento da produção.

A escolha do assunto foi em função da região onde foi desenvolvido o projeto ser muito forte no setor têxtil, foi uma forma de valorizar o setor além de implementar novas tecnologias. O projeto contemplou a utilização da biblioteca OpenCV para processamento de imagens, devido à complexibilidade do sistema proposto, foi uma excelente oportunidade para obter novos conhecimentos e amadurecimento profissional.

O sistema conseguiu realizar a tarefa de transformar a imagem de entrada em arquivo vetorial com êxito para a grade de moldes avaliados. A forma dos moldes foi preservada e a margem de erro nas medidas de altura e largura são aceitáveis devido aos desvios que ocorrem no processo de produção.

As técnicas implementadas foram eficazes para o objetivo do sistema proposto. Sugere-se como continuação melhorar o algoritmo para identificação do tamanho do molde, criar ferramenta para ajuste de curvas menos complexas que não necessitem nova captura de imagem, realizar testes com mais modelos e moldes de outros formatos e também surge a oportunidade de criação de uma biblioteca para geração de arquivos plt, que são destinados à plotagem. Com o término desta pesquisa surgem novas possibilidades para novos resultados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Perfil do setor**. 2017a. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/noticias/setor-textil-e-de-confeccao-aponta-sinais-positivos-para-2017>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. **Setor têxtil e de confecção aponta sinais positivos para 2017**. 2017b. Disponível em: <<http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 02 set. 2017.

AUDACES. **Institucional**. [200-]. Disponível em: <<http://www.audaces.com/institucional/>>. Acesso em: 5 nov. 2017.

AUDACES. **Molde base é a primeira etapa do processo de modelagem**. 2013. Disponível em: <<http://www.audaces.com/molde-base-e-a-primeira-etapa-do-processo-de-modelagem/>>. Acesso em: 16 set. 2017.

AUDACES. **Pesquisa de preço**. 2007. Disponível em: <<http://www.audaces.com/produtos/digiflash/>>. Acesso em: 13 out. 2017.

Audaces. Audaces Digiflash XT. 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GN8eQfYVsHk>>. Acesso em: 27 Out 2017.

BIERMANN, M. J. E. **Gestão do processo produtivo**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007. Disponível em: <<http://www.cdt.unb.br/telecentros/files/Textil%20e%20Confeccoes.pdf>>. Acesso em: 16 set. de 2017.

cadtextil. RZ Cad Têxtil. 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=e4BWFYwfp10>>. Acesso em: 17 Jun 2018.

COSTA, E. N. **Análise de produção mais limpa (P+L) em uma empresa de confecção têxtil em Cuiabá - MT**, 2016. 33 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, 2016. Disponível em: <http://tga.blv.ifmt.edu.br/media/filer_public/25/37/2537702f-b834-4009-bbdf-72b24795ca37/tcc_vf_edmilson_costa_16082016.pdf>. Acesso em: 16 set. 2017.

DOC. OPENCV 2.4.13.4. **Canny Edge Detector**. 2014. Disponível em: <https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/canny_detector/canny_detector.html> Acesso em: 12 out. 2017.

FACON, J. A morfologia matemática e suas aplicações em processamento de imagens. In: VII Workshop de Visão Computacional, 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2011. p. 65-67. Disponível em: <<https://www.ppgia.pucpr.br/~facon/Books/2011WVCMinicurso2Morfo.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2018.

INDEXED COLOR. In: WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. 2018. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Indexed_color>. Acesso em: 27 Out 2017.

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: BRASPORT, 1999.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. 2. ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2002. Disponível em: <http://web.ipac.caltech.edu/staff/fmasci/home/astro_refs/Digital_Image_Processing_2ndEd.pdf>. Acesso em: 07 set. 2017.

GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

SÃO PAULO (Estado). **Práticas de enfiado e corte**. [201-]. Disponível em: <<http://www.viarapida.sp.gov.br/ArcosOcupacionais.aspx?ArcoID=10&TemalID=21&ArcoIndex=5&TemalIndex=1>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

GUSMÃO, N. N. **A qualidade na indústria têxtil, da tecelagem ao vestuário: estudo de casos múltiplos em pequenas e médias empresas no Estado de São Paulo**. 2008. 169 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UNIP, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp074345.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2017.

HOUNSELL, Marcelo Silva. **Seminário sobre processamento de imagens**. 25 de set. 2015. Slides. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/julianorinaldi/trabalho-3-seminario-sobre-processamento-de-imagens>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

JANKOVICS, András. **Process overview**. [201-]. Disponível em: <https://github.com/jankovicsandras/imagetracerjava/blob/master/process_overview.md>. Acesso em: 11 nov. 2017.

JUNGHANS, D. Formatos de arquivos em computação gráfica. [Editorial]. Revista **Tecnológica e Humanismo**, n.19, p. 22-26, 1999. Disponível em: <<https://revistas.utfpr.edu.br/rth/article/download/6594/4245>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

KAMALEAO CIA. Molde De Camiseta Confecção Corel Draw Pp, P, M, G, Gg, Xg. [201-]. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-933755156-molde-de-camiseta-confecco-corel-draw-pp-p-m-g-gg-xg-_JM>. Acesso em: 17 jun. 2018.

LIDÓRIO, C. F. **Tecnologia da confecção**. Araranguá: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2008. Apostila. Disponível em: <https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/7/73/Apostila_tecnologia_cris.pdf>. Acesso em: 16 set. 2017.

MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento digital de imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.

NISHIDA, N. M. **Qualidade e a tecnologia do corte na indústria de confecção: estudo de caso**. 2015. Maringá, Paraná. Disponível em: <http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/112/pdf>. Acesso em: 16

set. 2017.

PAIVA, R. S. A. **Modelo para observação das etapas produtivas em empresas de confecção**. 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/posmoda/files/2010/09/Modelo-para-observa%C3%A7%C3%A3o-das-etapas-produtivas-em-empresas-de-.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2017.

POSSAMAI, Angela Cristina Poli. O setor têxtil de Santa Catarina na BM&FBOVESPA. **Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, v. 2, n. 2, p. 177-179, dez. 2013. Disponível em: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/reavi/article/view/4178/2921>>. Acesso em: 02 set. 2017.

REPRESENTAÇÕES M. **ENFESTADEIRA MANUAL COM ALINHAMENTO MANUAL IM5**. [2018]. Disponível em: <<https://mpaixao.com.br/enfestadeira/enfestadeira-manual-com-alinhamento-manual-im5/>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

RIBEIRO, B; LUCCHESI, F; CASTAÑEDA, Z. **Interfaces de jogos digitais**. 2009. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.dca.fee.unicamp.br/~martino/disciplinas/ia369/trabalhos/t3g3.pdf/>>. Acesso em: 12 out. 2017.

SILVA, D. C. **Retificação de imagens digitais de fachadas com pré-correção das distorções das lentes**. 2006. 138 p. Pós graduação – Universidade federal de Pernambuco, Pernambuco, 2006. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/3939/393937698008/>>. Acesso em: 12 out. 2017.

Stackoverflow. Edição de imagens utilizando OpenCV sem funções prontas. 2015. Disponível em: <<https://pt.stackoverflow.com/questions/82354/edição-de-imagens-utilizando-opencv-sem-funções-prontas>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

THOMÉ, Antonio G. **Processamento de imagens**: tratamento da imagem: filtros. [201-]. Disponível em: <http://equipe.nce.ufrj.br/thome/p_grad/nn_img/transp/c4_filtros.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2017.

UNIVERSOZN. [201-]. Disponível em: <<http://www.universozn.com.br/wp-content/uploads/2017/01/corte-696x371.jpg>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

VARGAS, S. **Desenvolvimento de um sistema de inspeção automática de tecido de malha**. 2016. 84 p. Conclusão de curso (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Florianópolis, 2016.

VICENTINI, C. R. G. **Ferramentas e metodologia de projeto aplicados na criação de produtos para a indústria têxtil-confecção**. 2010. 157 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP, 2010. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000477710>>. Acesso em: 30 set. 2017.