

A IFT gera, como resultado, uma estrutura de dados que armazena o predecessor do caminho ótimo, o custo deste caminho e o pixel raiz. Essa estrutura denomina-se cena/imagem anotada.

Com isso, pode-se dizer que o algoritmo IFT computa, de forma robusta e eficiente, uma floresta de custo mínimo em um grafo a partir de um conjunto de sementes candidatas a raízes de árvores [ALE 2000]. Esse algoritmo faz uso de marcadores, que são pontos específicos da imagem a partir dos quais se deve começar o alagamento. Esses pontos são definidos pelo usuário por meio de “cliques” sobre a imagem a ser segmentada. Um exemplo do método *watersheds-IFT* pode ser visto na Figura 4.19.

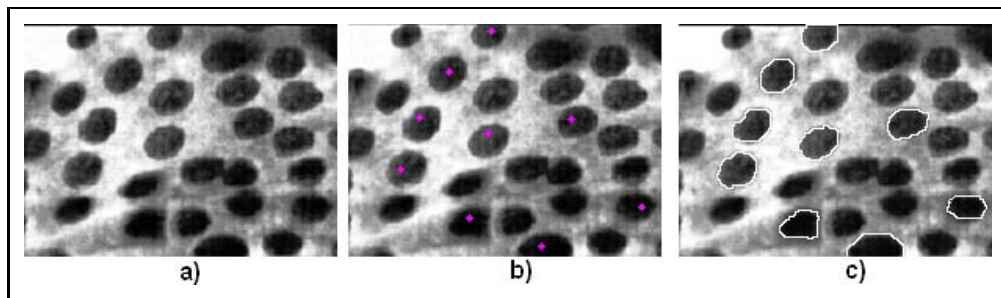


Figura 4.19: Resultado do método *Watersheds-IFT* em uma imagem médica. a) Imagem Original. b) Imagem original com marcadores. c) Imagem segmentada-IFT.

4.2 Método Híbrido

O método híbrido foi desenvolvido através da união de duas técnicas de segmentação, sendo uma linear *Mean Shift* e outra não-linear *Watersheds-IFT*. O algoritmo *Mean Shift* utilizado têm o objetivo de reduzir os tons de cor presentes em uma imagem [LOU 2005].

Com a implementação desse método de segmentação, possui-se a vantagem de deixar a imagem com uma textura mais homogênea. Além disso existem outras facilidades que ele proporciona, como a redução do tamanho da imagem processada, e a segmentação semântica da imagem, a qual separa partes da imagem em regiões, o que pode ser visualizado na Figura 4.20.

Porém, o método *Watersheds-IFT* tem a finalidade de segmentar imagens através de sementes que são selecionadas pelo usuário, e, a partir dessas sementes, é que a segmentação será realizada. Tal procedimento possui um resultado muito bom em termos de contorno, não permitindo que os objetos sejam delineados de forma irregular, o que é possível graças à utilização de marcadores, uma vez que o número de regiões é igual ao número de marcadores.

A partir dessas duas técnicas descritas, obtém-se o método híbrido. Nele, o conjunto reduzido de tons de cinza gerados pelo método *Mean Shift* passa a ser as sementes utilizadas na segmentação *Watersheds-IFT*, Figura 4.21.

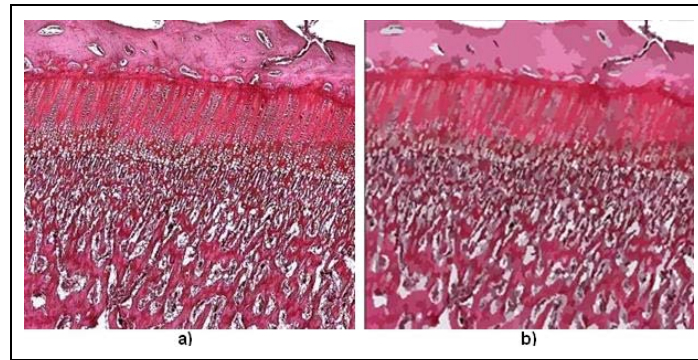


Figura 4.20: Imagem resultante do método de segmentação por *Mean Shift*. a) Imagem original de um tecido ósseo. b) Imagem resultante do procedimento *Mean Shift*. [D.CO 2001].

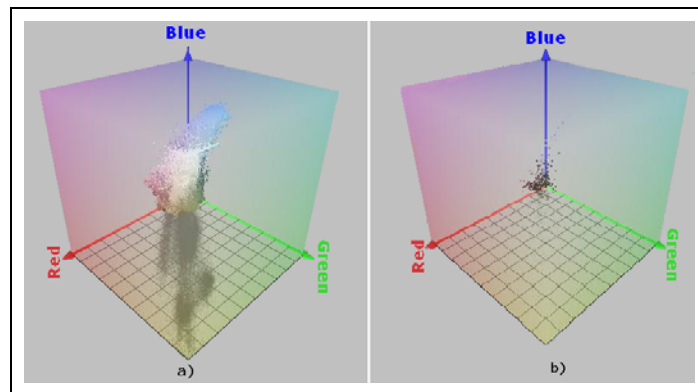


Figura 4.21: Representação gráfica, mostrando a redução dos tons de cor presentes em uma imagem. a) Pontos da imagem original. b) Pontos da imagem segmentada.

Para selecionar as sementes utilizadas no método *Watersheds-IFT* foi utilizado como parâmetro o canal de cor presente nas imagens. Todos os tons de cores diferentes que a imagem possui serão selecionados como uma possível semente a ser utilizada na segmentação *Watersheds-IFT*.

Desta forma o usuário poderá, através da interface, retirar as sementes geradas pelo método *Mean Shift* da imagem, caso observe que as mesmas não são apropriadas para uma posterior análise [LOU 2006]. Também é permitido ao usuário adicionar sementes na imagem, a fim de melhorar os resultados da segmentação híbrida.

Nesse processo, a agilidade em que o método executa a técnica de segmentação híbrida depende muito do tipo de imagem na qual está sendo realizado o processo e o tipo de máquina que está sendo utilizada.

4.2.1 A Implementação do Método Híbrido

Para desenvolver o método híbrido alguns problemas foram encontrados: o critério adotado na seleção de sementes e a exibição gráfica das mesmas. A seguir, serão descritos os procedimentos adotados na solução dos mesmos.

Na solução do primeiro problema adotou-se o critério de cor, a fim de selecionar as sementes utilizadas no processo de segmentação *Watersheds-IFT*. Tal seleção foi empregada utilizando a imagem resultante da aplicação *Mean Shift*, sendo que essa estrutura foi convertida em uma estrutura de dados chamada *Pixel*. A estrutura já mencionada possui a altura, a largura e o tom de cinza de cada pixel da imagem, visto que o algoritmo *Watersheds-IFT* utiliza uma estrutura de dados semelhante. Dessa maneira, todos os pixels da imagem foram mapeados sob a forma de um vetor.

Com base nessa estrutura de dados, as sementes foram selecionadas e para efetuar essa seleção, realizou-se uma comparação entre o tom de cinza dos pixels armazenados em *Pixel* com os valores dos pixels já inseridos em uma segunda estrutura de dados chamada *Pontos*. Se o tom de cinza do pixel em análise for diferente de todos os já inseridos na estrutura secundária, esse pixel é adicionado no vetor, caso contrário, o mesmo será descartado. A seguir, mostra-se a estrutura de dados que realiza esse procedimento.

Código 3: Controlando o processo de seleção de sementes

```

01.  /*O algoritmo em análise insere sementes no vetor somente se o
02.  /*tom de cinza for diferente dos já inseridos
03.  for(int j=0; j<Pontos.size();j++){
04.  /*Esse teste é realizado para verificar se já existe o tom de
05.  /*cinza no vetor.Retorna um valor verdadeiro se não encontra
06.  /*nenhum elemento igual
07.     teste = verificapontos(aux);
08.     if(teste==true){
09.         int altura = aux.getaltura();
10.         int largura = aux.getlargura();
11.         Pixel selecionado =
12.             new Pixel (aux.gettom(),altura, largura);
13.         Pontos.add(selecionado);
14.         selecionado.gettom();
15.  /*para colocar definitivo dentro do markers
16.         Point pontoSelecionado = new Point(largura, altura);
17.         grasip.Watershed.Watershed.markers.add(pontoSelecionado);
18.     }
19. }
```

Na primeira vez que esse algoritmo for executado, a estrutura secundária *Pontos* estará vazia, portanto, o primeiro pixel da imagem resultante sempre será selecionado, sendo inserido

no vetor *Pontos*, executando a condição mostrada na linha 3 na figura abaixo. Ao final dessa etapa, tem-se um vetor, o qual armazena os pixels selecionados que servirão de sementes para o método *Watersheds-IFT*. Um exemplo disso, pode ser visualizado na linha 13.

Código 4: Processo realizado quando o método é executado pela primeira vez.

```

01.  /*Se for à primeira vez que o algoritmo está sendo utilizado,
02.  /*então ele executa a estrutura abaixo
03.  if (grasip.Watershed.Watershed.markers.size() == 0) {
04.      int altura = aux.getaltura();
05.      int largura = aux.getlargura();
06.      Pixel selecionado =
07.          new Pixel(aux.gettom(), altura, largura);
08.      Pontos.add(selecionado);
09.      selecionado.gettom();
10.  /*Coloca-se as sementes dentro do vetor makers,
11.  /*o qual é utilizado para realizar a segmentação watersheds-IFT
12.      Point pontoSelecionado = new Point(largura, altura);
13.      grasip.Watershed.Watershed.markers.add(pontoSelecionado);
14.  }
```

Já para resolver o problema da exibição gráfica das sementes, onde havia necessidade de interação com o usuário, converteu-se os pixels selecionados como sementes para o tipo de dados *Pontos* (componente gráfico oferecido pela biblioteca AWT), que ao final foram exibidos na tela.

Nesse momento, o usuário tem a possibilidade de adicionar ou remover sementes, e, após essa escolha, as sementes geradas pelo método *Mean Shift* e as escolhidas pelo usuário serão adicionadas no vetor *makers*. A imagem original bem como o vetor *makers* são passados como parâmetros de entrada do método *watersheds-IFT*, finalizando, assim, o processo de segmentação híbrida.

4.2.2 A Aplicação dos Padrões de Projeto no Método Híbrido

Conforme Gamma [GAM 2000], os padrões de projeto podem ser utilizados em três tipos de aplicativos: os que envolvem programas de aplicação, as bibliotecas (*toolkits*) e os arcabouços de classes (*frameworks*). O *software* de segmentação híbrida desenvolvido nessa dissertação pertence à categoria de programas de aplicação, o qual utiliza três tipos de padrões: o *Strategy*, o *Command* e o *Singleton*.

O *Strategy* é um padrão que encapsula os detalhes de determinado algoritmo em um contexto onde podem existir famílias inteiras de algoritmos. Ele foi utilizado para implementar a operação “Salvar Imagem”. Essa operação é fundamental, pois por meio dela é possível armazenar as informações [WEL 2005].

No método de segmentação híbrido, essa informação é guardada em arquivos gráficos. Dentre esses, há a possibilidade de manipular arquivos com extensão JPEG/JPG³, TIFF⁴, BMP⁵, PBM⁶ e PNG⁷, no entanto, mesmo a biblioteca JAI oferecendo os “codecs” para a abertura e construção desses arquivos, eles devem ser utilizados de forma a seguirem as normas da legibilidade. Essa operação tem por finalidade salvar o arquivo aberto utilizando uma mesma extensão e salvar uma imagem inserida em um arquivo gráfico em uma extensão diferente da original. Por exemplo, se a imagem carregada possui a extensão PNG a operação `Salvar Imagem` permite que ela seja salva com extensão JPEG.

Para implementar a operação `Save` projetou-se a solução apresentada pela Figura 4.22.

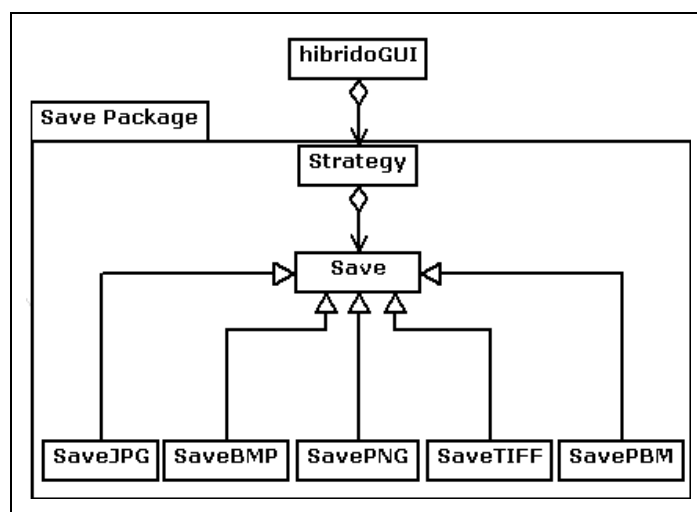


Figura 4.22: A modelagem UML permite visualizar o processo utilizado para implementar a operação `Save`. Tem-se como método principal a classe `Save`, a qual é utilizada por todas as outras extensões que foram implementadas na classe (`save JPG, BMP, PNG, TIFF e PBM.`).

O padrão *Command* é classificado como um padrão comportamental, e pode ser utilizado quando se necessita reduzir o acoplamento entre as requisições dos clientes e os objetos que as executam. Além disso, é aplicado para solucionar os seguintes problemas:

- Parametrizar objetos por uma ação a ser executada;
- Especificar, enfileirar e executar solicitações em tempos diferentes, uma vez que, precisa-se de suporte para desfazer operações;
- Estruturar um sistema em torno de operações de alto nível, como transações, por exemplo;

³JPEG/JPG: Joint Photographic Experts Group (<http://www.jpeg.org/>)

⁴TIFF: Tag Image File Format (<http://partners.adobe.com/public/developer/tiff/>)

⁵BMP: Windows Bitmap Format (<http://www.microsoft.com/>)

⁶PBM: Portable Bit Map;

⁷PNG: Portable Network Graphics. (www.w3.org/Graphics/PNG/)

Esse padrão associa uma ação a diferentes objetos através de uma interface conhecida. Foi exatamente na construção de interface do sistema que esse padrão foi utilizado. Ele fornece uma interface comum para *menus* e ícones, simplesmente por fazer com que ambos compartilhem a mesma instância de classe. A estrutura definida por Gamma [GAM 2000] para tal padrão de projeto pode ser visualizada através da Figura 4.23.

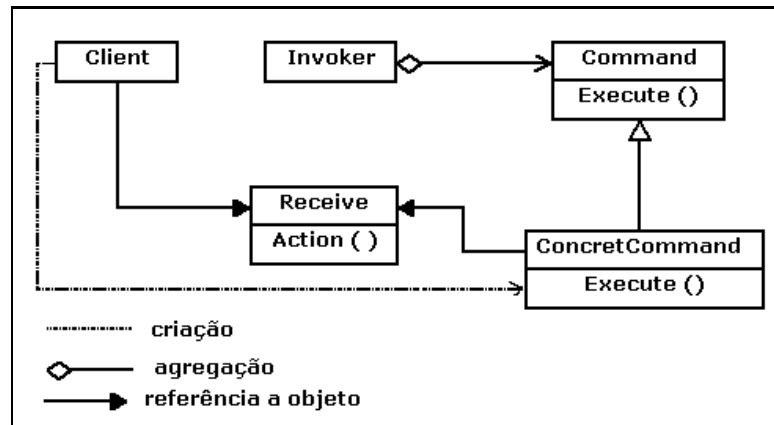


Figura 4.23: Estrutura do Padrão Command, descrito em [GAM 2000].

Através desse diagrama, observa-se que o `Client` é responsável por invocar um objeto `ConcretCommand`, que será armazenado no objeto `Invoker`. Esse, por sua vez, emite uma solicitação chamando a operação `Execute()` em `Command`, e, então, o objeto `ConcretCommand` requisita operações no objeto `Receiver` a fim de executar a operação que foi solicitada pelo objeto `Invoker`.

Finalizando os padrões de projeto utilizados, temos o padrão `Singleton` que é um dos mais simples. Utiliza-se esse padrão quando for necessário a existência de apenas uma instância de uma classe, a qual é acessível de forma global e uniforme. Segundo GOF [GAM 2000], o padrão `Singleton` é apresentado como um padrão de criação, por lidar com a criação de objetos.

O GOF diz que para uma classe ser um `Singleton`, deve-se garantir que haverá apenas uma instância na aplicação e que se deve fornecer um ponto de acesso à mesma. Mas como garantir que haverá apenas uma instância? Para criar uma instância de uma classe, deve-se chamar o seu construtor. Assim, para resolver o problema, deve-se restringir o acesso ao construtor, tornando-o um método privado. Em seguida, necessita-se utilizar um método público que faça o controle da instanciação, de modo que ela só possa ser feita uma vez. A Figura 4.24 mostra o diagrama de classes do `Singleton`, o qual permite: armazenar uma única instância existente, garantir que apenas uma instância será criada e prover acesso a tal instância [JR. 2003].

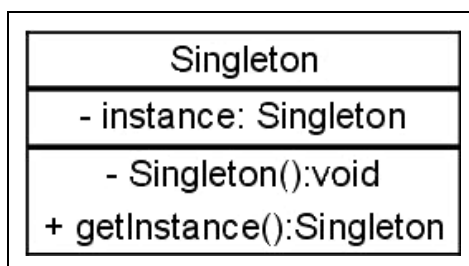


Figura 4.24: Estrutura do diagrama de classe do Padrão Singleton [JR. 2003], p.13

Esse padrão de projeto foi aplicado na interface do sistema, não permitindo que a janela do software seja aberta mais de uma vez, evitando desperdício de memória, pois o programa requer bastante espaço para ser executado. A instanciação utilizada no sistema pode ser visualizada a seguir.

Código 5: Padrão que garante instanciar apenas uma vez a aplicação

```

01.  /*Método declarado como private, a fim de restringir o acesso ao
    construtor
02.    private static hibridoGUI h;
03.  /*Realiza o controle da instanciação, de modo a permitir que ela
    ocorra apenas uma vez
04.    public static synchronized hibridoGUI getInstance () {
05.        if (h == null) {
06.            h = new hibridoGUI();
07.        }
08.        return h;
09.    }
  
```

4.2.3 O Funcionamento do Software

Para o software ser utilizado construiu-se uma interface gráfica e, através dela, o usuário poderá realizar todo o processo de segmentação híbrida. A seguir será descrito o funcionamento do sistema.

Primeiramente, o usuário terá como única opção disponível, a opção “Abrir Imagem”. Essa opção permite que o usuário abra o seu arquivo gráfico para que o processo de segmentação seja iniciado. Posteriormente, ficarão disponíveis as seguintes opções: “Gerar Sementes”, que permite o sistema iniciar o processo de segmentação e, “Fechar Aplicativo”, o qual possibilita o usuário a finalizar o processo requerido.

Após o usuário ter clicado no botão “Gerar Sementes”, aparecerá na tela uma nova imagem

contendo as sementes geradas pelo método *Mean Shift*, as quais serão utilizadas no processo de segmentação *watersheds-IFT*. Em seguida, o usuário terá a liberdade para retirar ou inserir sementes da imagem caso isso seja necessário. Depois de ter gerado as sementes e decidido quais delas serão utilizadas no método *watersheds-IFT*, será habilitado na interface uma nova opção para o usuário, o botão “Segmentação Híbrida”, o qual finaliza o processo de segmentação híbrida, exibindo na tela a imagem final.

Além dessas opções, o usuário também poderá visualizar a imagem resultante do método de segmentação por *Mean Shift*, para que ele possa conceber quais as regiões que serão unidas e, assim poder inserir/retirar com mais precisão as suas sementes.

Após o término da segmentação híbrida, o usuário poderá ainda contar com a opção “Salvar”, que permite armazenar em disco os resultados obtidos através do método híbrido.

Caso o usuário queira realizar uma nova análise, basta clicar no botão “Abrir Imagem” que todo o procedimento será reiniciado.

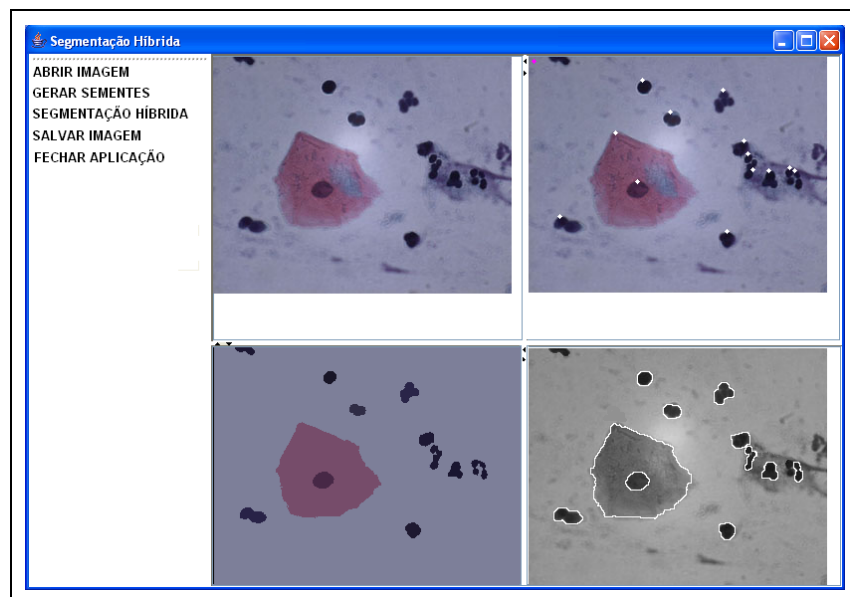


Figura 4.25: Interface do Sistema, a qual apresenta quatro imagens (original, marcador, resultado *Mean Shift* e resultado final) e quatro botões que são utilizados pelo usuário a fim de realizar o processo de segmentação híbrida (abrir imagem, gerar sementes, segmentação híbrida, salvar imagem e fechar aplicação).

Sendo assim, a interface do sistema é dirigida a testes do método híbrido, portanto é simples, permitindo visualizações rápidas sem requerer conhecimento detalhado a respeito do método implementado.

5 APLICAÇÕES DO MÉTODO HÍBRIDO E A COMPROVAÇÃO DE SEUS RESULTADOS

Nesse capítulo serão realizadas três aplicações com o método de segmentação híbrido. A primeira aplicação será efetuada em imagens citológicas a fim de poder auxiliar os patologistas na classificação do exame de Papanicolaou em seus respectivos níveis [LOU 2006a]. Na segunda aplicação será realizado um estudo comparativo entre o método *Watersheds-IFT* e o método híbrido, a fim de analisar seus respectivos desempenhos. A terceira e última aplicação será realizada em imagens histológicas, com o objetivo de auxiliar os patologistas a classificar suas amostras conforme a escala de Breslow.

5.1 Primeira Aplicação: Auxílio na Classificação do Exame de Papanicolaou.

Atualmente, a patologia recebeu impulsos no campo científico com o advento de inúmeras técnicas laboratoriais de diagnósticos. Dentre elas, destaca-se o teste de Papanicolaou, que revolucionou a detecção precoce do câncer do colo uterino [ARA 1999]. O exame é simples, e tem reduzido as mortes por câncer de colo de útero em 70 %, desde sua criação pelo Dr. George Papanicolaou em 1940 [ORQ 2006].

Para realizar o exame de Papanicolaou, primeiramente faz-se uma análise externa da vulva; posterior introduz-se um instrumento chamado espéculo¹ pelo canal vaginal para que se possa visualizar o colo do útero (parte final do útero, do qual serão recolhidas as células para análise microscópica). Assim, as células do colo do útero são colhidas por meio de uma espátula (haste de madeira) e de uma escova pequena [ORQ 2006]. Esse procedimento pode ser visualizado na Figura 5.1.

¹Conforme Sonia Maria [ORQ 2006], o espéculo é um instrumento também conhecido como “bico de pato”, devido ao seu formato. Ele apresenta três tamanhos diferentes e, será escolhido de acordo com o tamanho de cada paciente, o número de filhos, etc.

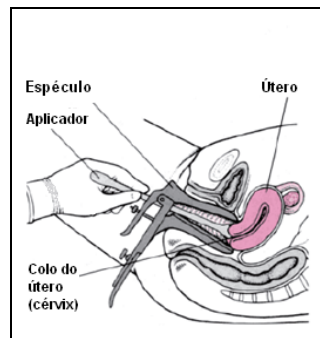


Figura 5.1: Coletando células cervicais para realizar o exame de Papanicolaou. [BEE 2005]

As células removidas com a escova ou com o aplicador de madeira são colocadas sobre uma lâmina de vidro, espalhadas juntamente com um conservante, e enviadas ao laboratório, onde serão examinadas ao microscópio em busca de sinais de câncer de colo de útero [BEE 2005]. Na Figura 5.2 é possível visualizar a preparação das lâminas, processo esse realizado pelos médicos em seus consultórios.

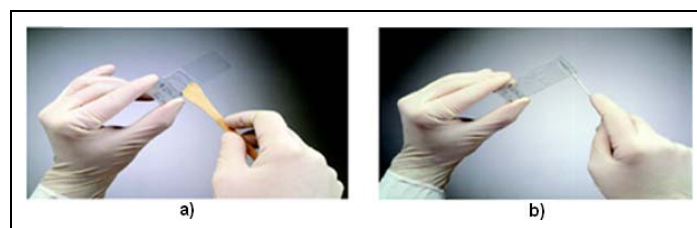


Figura 5.2: Preparação das lâminas, as quais serão analisadas no laboratório por médicos. a) Confecção do esfregaço ectocervical em lâmina única. b) Confecção do esfregaço endocervical em lâmina única. [INC 2002],p34

Observa-se que são confeccionadas duas lâminas: na primeira, são coletadas células do epitélio escamoso e na segunda lâmina, são coletadas células do epitélio colunar.

O epitélio colunar reveste o canal que liga o útero à vagina (endocolo) e é composto por uma única camada de células; Já o epitélio escamoso reveste a parte externa do colo (exocolo) e é composto por várias camadas de células, as quais estão separadas em três níveis: profunda, intermediária e superficial (PIS). A Figura 5.3 mostra as três fases do epitélio escamoso.

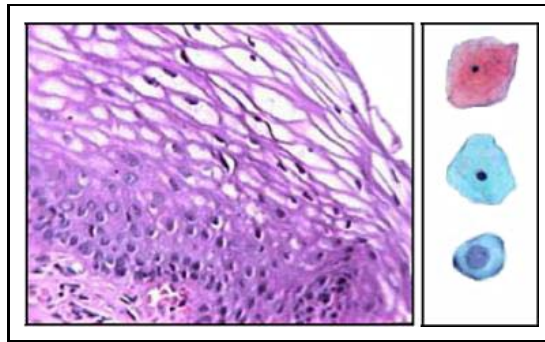


Figura 5.3: Epitélio escamoso / células escamosas Profundas, Intermediárias e Superficiais (PIS). [ARA 1999],p05

Estas células são examinadas ao microscópio à procura de anormalidades. Essas anormalidades, essencialmente nucleares, manifestam-se por aumento de volume, por irregularidade das formas e dos contornos, por hiperchromasia², por multinucleação e por alteração núcleo-citoplasma [LIM 1999]. Esta última característica é uma das mais importantes, pois, através dela, é possível classificar os diferentes estágios da doença, que vai da normalidade até ao câncer invasivo [SEL 2004].

O resultado do exame é normalmente fornecido em classes de Papanicolaou, as quais variam do nível I ao V e que devem ser interpretadas exclusivamente por um médico.

Assim, nessa aplicação, o método híbrido tem como objetivo auxiliar os patologistas a realizarem a diferenciação das células cancerígenas das normais, assistindo aos patologistas a realizarem a classificação em seus respectivos níveis, possibilitando também uma maior precisão e segurança no momento de realizarem seus pareceres finais.

A seguir será mostrado os sistemas de classificação existentes na literatura, os quais são utilizados para diagnosticar o câncer de colo uterino.

5.1.1 Sistemas de Classificação

Atualmente existem vários sistemas que realizam a classificação do exame de colo uterino, entre eles cita-se: o sistema clássico, o sistema OMS (Organização Mundial da Saúde), o sistema NIC (neoplasia intraepitelial celular) e o sistema Bethesda. A Figura 5.4 mostra a classificação utilizada em cada sistema.

²Segundo [LIR 2000] a hiperchromasia ocorre quando há coloração intensa do núcleo.

Sistema Clássico	Sistema OMS	Sistema NIC	Sistema Bethesda
I	Normal	Normal	Dentro dos limites normais
II	Inflamação	Inflamação	Alterações celulares benignas
III	Displasia Leve Displasia Moderada Displasia Severa	NIC 1 NIC 2 NIC 3	SIL baixo grau SIL alto grau SIL alto grau
IV	Carcinoma <i>in Situ</i>	NIC 3	SIL alto grau
V	Carcinoma Invasor	Carcinoma Invasor	Carcinoma invasor

Figura 5.4: As várias classificações do carcinoma de colo uterino, vista de maneira evolutiva, a partir do pioneiro sistema clássico até o mais recente, o sistema Bethesda. [ORQ 2006]

Analisando o quadro acima, observa-se que cada sistema possui seus próprios níveis de classificação. Nesse trabalho será utilizado o sistema clássico, o qual possui uma classificação mais simples facilitando o presente estudo. Para realizar a classificação será analisada a relação núcleo-citoplasma existente em cada amostra. A quantidade de citoplasma com relação ao tamanho do núcleo (razão núcleo-citoplasma) é uma das características mais importantes para avaliar a que nível do sistema clássico a amostra encontra-se. Proporções maiores de núcleo estão associados à níveis mais altos do sistema clássico [SEL 2004].

Conforme Zuher [M 1976], a relação núcleo - citoplasma considerada normal é de 1:10, isto é, o núcleo é dez vezes menor que o citoplasma, já no nível II, III, IV e V as relações são respectivamente de: 2:10, 5:10, 8:10 e 10:10. Com base nesses parâmetros que as imagens³ serão classificadas pelos patologistas, tendo como auxílio o método de segmentação híbrido. Para aplicar o algoritmo de segmentação híbrido nos níveis a seguir, será necessário o usuário gerar sementes, as quais serão utilizadas pelo método de segmentação *Watersheds-IFT*. Foram testadas 20 amostras, as quais estão divididas em cinco níveis: 3 no nível I, IV no nível II, 6 no nível III, 4 no nível IV e 3 no nível V.

Após obter a imagem segmentada será realizada uma quantificação celular, a fim de medir a proporção núcleo-citoplasma presente em cada amostra. Para realizar o processo de quantificação foi utilizado o programa de análise de imagens *ImageTool*⁴. Após efetuar a quantificação é necessário realizar uma regra de três simples, onde o valor da área citoplasmática encontrada irá corresponder a 10 e o valor do núcleo vai corresponder a x . Ao finalizar o cálculo, o usuário

³As imagens utilizadas nos níveis I e II foram adquiridas no laboratório de patologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a qual utilizou um microscópio ótico com objetiva ajustada em 40X. A imagem pertencente ao nível IV foi adquirida no laboratório Diagnóstica pelo doutor Gilberto Silva. As demais foram retiradas da internet, as quais estão devidamente referenciadas.

⁴Programa de Processamento e análise de imagens desenvolvido por Don Wilcox, Brent Dove, Doss McDavid, David Greer na *University of Texas Health Science Center in San Antonio*.

terá encontrado a relação núcleo-citoplasma de cada amostra.

5.1.1.1 *Nível I*

Células pertencentes ao nível I possuem um diagnóstico negativo para neoplasias⁵ e displasias⁶. Os exames inseridos nessa classificação são considerados normais, sem inflamações e sem alterações regenerativas, degenerativas ou alterações de maturação epitelial [LIR 2000].

Nesse nível, a razão núcleo-citoplasma mantém-se normal; o núcleo é dez vezes menor que o citoplasma. A importância de se analisar o núcleo e o citoplasma é que o citoplasma reflete a origem, a função e a vacuolização, enquanto que o aspecto nuclear indica um potencial benigno ou maligno da célula. Na Figura 5.5 é possível visualizar um esfregaço pertencente a esse nível e na Figura 5.6 observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.

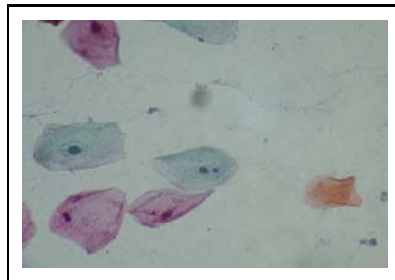


Figura 5.5: Esfregaço normal não contendo nenhuma alteração celular. A relação núcleo-citoplasma se encontra normal.

⁵Segundo [INC 2002] a neoplasia é qualquer massa de célula que surge por divisão inapropriada de uma célula mãe original (multiplicação clonal), na qual a expressão dos genes que regulavam essa divisão estão alterados. As neoplasias são divididas em dois grupos: neoplasia malignas (tumores) e neoplasias benignas.

⁶Conforme Arantes [MOR 2004], a displasia caracteriza-se por conter alteração no núcleo das células do epitélio escamoso cuja gravidade está diretamente relacionada às alterações citoplasmáticas. O núcleo exibe uma distribuição grosseira da rede cromatínica; pode-se encontrar multinucleação, aumento de tamanho e contorno lobulado do núcleo.

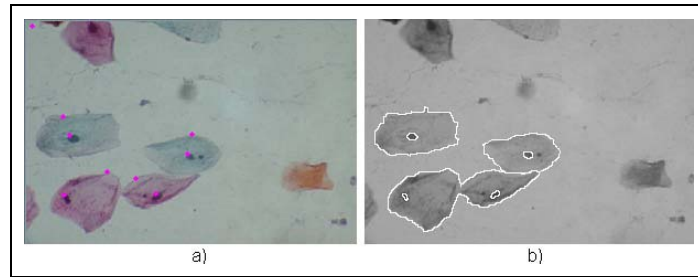


Figura 5.6: Resultado do método híbrido em imagens citológicas pertencente ao nível I. a) Imagem contendo marcadores, os quais serão utilizados como sementes na segmentação *Watersheds-IFT*. b) Imagem resultante do método de segmentação híbrido.

Após a geração das sementes, o usuário obtém a imagem resultante pela aplicação do método de segmentação híbrido, a qual mostra claramente a área pertencente ao núcleo e a área pertencente ao citoplasma, facilitando a análise dos patologistas tornando, assim, o diagnóstico mais rápido e preciso.

Em seguida, o processo de quantificação é realizado na amostra segmentada. A área citoplasmática e nuclear encontrada na amostra foram respectivamente de: 2623 pixels^2 e 45 pixels^2 . Após realizar a regra de três simples encontrou-se como resultado final o valor de 0.17, ou seja, 1:10, confirmando que a presente amostra realmente pertence ao nível I.

5.1.1.2 Nível II

Nesse nível, os esfregaços analisados possuem células inflamatórias presentes na amostra. Observa-se que a relação núcleo-citoplasma varia muito pouco, não sendo uma lesão que possa preocupar o paciente. Pessoas que possuem esse tipo de alteração precisam realizar exames de prevenção mais seguidos, a fim de que o médico possa acompanhar a evolução do caso. Na Figura 5.7 é possível visualizar uma amostra pertencente a esse nível e a Figura 5.8 mostra o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.

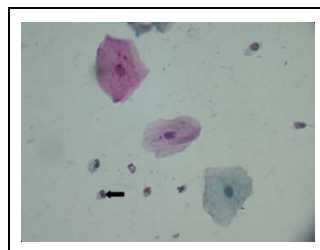


Figura 5.7: Nesse esfregaço é possível observar a presença de células inflamatórias e um pequeno aumento do núcleo.

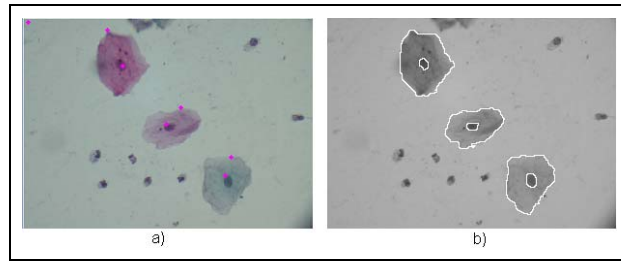


Figura 5.8: Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível II. a) Imagem contendo sementes, as quais serão utilizados na segmentação por *Watersheds-IFT*. b) Imagem resultante do método de segmentação híbrido onde é possível visualizar uma clara delimitação nuclear e citoplasmática.

Após realizar o processo de segmentação na amostra realiza-se o processo de quantificação. O espaço ocupado pelo citoplasma e pelo núcleo corresponde respectivamente a: 2820 pixels^2 e 61 pixels^2 . Efetuando o cálculo final, através da regra de três, encontra-se o resultado de 0.21, ou seja, 2:10, ratificando o nível da presente amostra.

Comparando o resultado do nível I com o resultado do nível II é possível notar uma pequena alteração ocorrida no núcleo da segunda amostra.

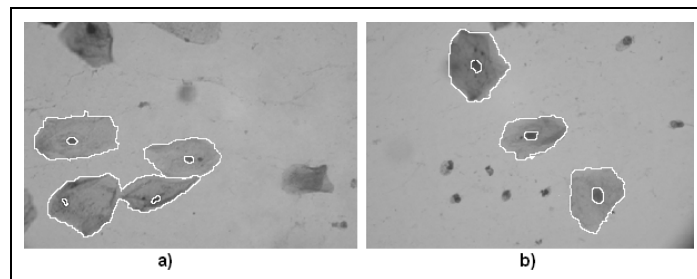


Figura 5.9: Comparando os resultados obtidos nos níveis I e II. a) Resultado do método de segmentação híbrido aplicado à imagem pertencente ao nível I. b) Resultado do método de segmentação híbrido aplicado à imagem pertencente ao nível II.

Sendo assim, após analisar as imagens acima pode-se concluir que o método híbrido auxilia o especialista a realizar suas análises, pois com a delimitação núcleo-citoplasma, realizada pelo algoritmo híbrido, percebe-se a diferença nuclear ocorrida do nível I para o nível II.

5.1.1.3 Nível III

Os esfregaços analisados nesse nível apresentam células discarióticas⁷ intermediárias e superficiais, com predomínio das últimas, apresentando núcleos moderadamente aumentados de volume com cromatina granulosa homogênea [LIR 2000]. Na Figura 5.10, é possível visualizar uma amostra pertencente a esse nível e na Figura 5.11, observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.

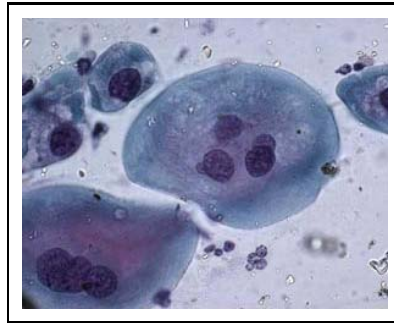


Figura 5.10: Esfregaço contendo alteração nuclear e citoplasmática. O núcleo encontra-se em divisão, crescendo de modo descontrolado. [REI 2005].

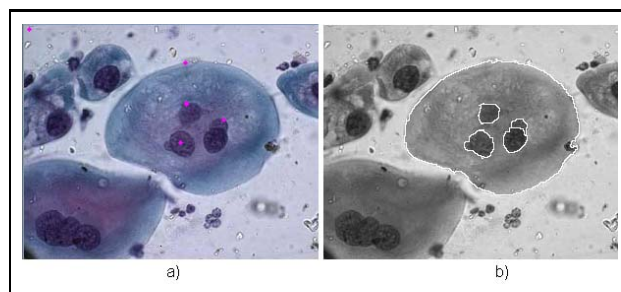


Figura 5.11: Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível III. a) Imagem marcador contendo as sementes, as quais serão utilizadas no processo de segmentação por *Watersheds-IFT*. b) Imagem resultante do processo de segmentação híbrido.

Na imagem resultante é possível observar irregularidade nas formas e contornos do núcleo juntamente com o início de uma divisão nuclear. Essas características ficam mais nítidas após a utilização do método de segmentação híbrido.

Após segmentar a imagem o processo de quantificação é realizado. Utilizando o programa *ImageTool* encontrou-se respectivamente para o núcleo e para o citoplasma uma área de 1362

⁷Conforme Arantes [MOR 2004], a displasia ou células discarióticas se caracterizam por conter alterações no núcleo das células do epitélio escamoso cuja gravidade está diretamente relacionada às alterações citoplasmáticas. O núcleo exibe uma distribuição grosseira da rede cromatínica; pode-se encontrar multinucleação, aumento de tamanho e contorno lobulado do núcleo.

$pixels^2$ e de 24298 $pixels^2$. Após obter esses dados calculou-se a razão entre o núcleo e o citoplasma, a qual gerou como resultado final o valor de 0.5, ou seja, 5:10, confirmando que a presente amostra encontra-se no nível III.

5.1.1.4 Nível IV

Nesse nível, grande parte das células analisadas apresentam inversão na relação núcleo-citoplasma, onde a membrana nuclear costuma ser irregular e estar reforçada. Os núcleos apresentam-se agrupados como se todos estivessem envoltos em um único citoplasma. Na Figura 5.12 é possível observar o agrupamento nuclear presente na imagem; na Figura 5.13, observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.

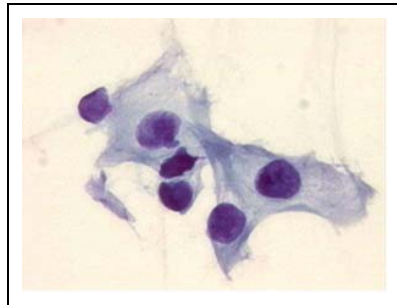


Figura 5.12: Esfregaço contendo células com alta alteração nuclear.

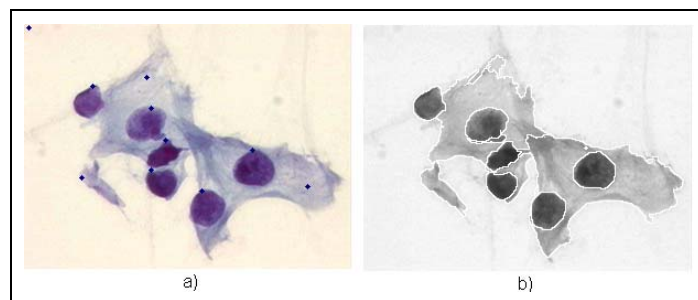


Figura 5.13: Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível IV. a) Imagem contendo as sementes que serão utilizadas na segmentação não-linear. b) Imagem segmentada através do método de segmentação híbrido.

Analisando o resultado da Figura 5.13(b) é possível visualizar um agrupamento nas células. Isso não deixa claro ao patologista a área citoplasmática pertencente a cada núcleo. Dessa forma, quando uma amostra apresentar essa característica, diz-se que houve uma alteração na célula e que o paciente terá que passar por exames mais detalhados.

A fim de confirmar o nível de classificação em que a amostra está inserida será realizado o processo de quantificação. Os valores encontrados para o citoplasma e o núcleo foram respectivamente de 23100 *pixels*² e de 1897 *pixels*². Com essas medidas é possível realizar o cálculo final, o qual irá medir a relação núcleo-citoplasma presente na amostra. Após realizar o cálculo obteve-se o resultado de 0.82, ou seja, 8:10, ratificando o nível da amostra.

5.1.1.5 Nível V

As células pertencentes ao nível V podem aparecer sozinhas ou em sincídios (grupos de células irregularmente arranjadas caracterizadas por margens mal definidas e perda da polaridade), apresentando tamanho e forma similar às células basais e parabasais. Nesse tipo de célula a relação núcleo-citoplasma é extremamente alta. A forma nuclear geralmente corresponde à forma celular e os núcleos são redondos, ovais ou fusiformes com membrana proeminente. Os núcleos destas células estão aumentados com espaços vazios e hiperchromasia intensa [M.L 1998]. Na Figura 5.14, é possível visualizar um conjunto de células agrupadas com pouco citoplasma presente; na Figura 5.15, observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.

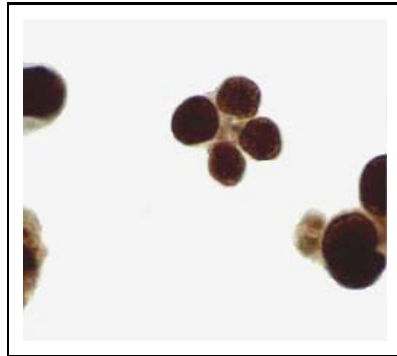


Figura 5.14: Esfregaço com alta alteração nuclear. O núcleo cresceu descontroladamente ocupando praticamente todo o espaço do citoplasma. [IMA 2006].

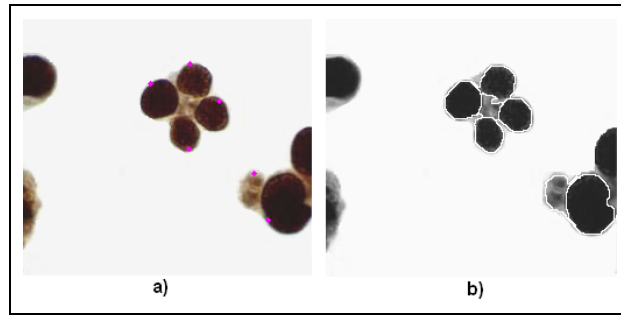


Figura 5.15: Resultado do método híbrido em imagem citológica pertencente ao nível V. a) Imagem marcador: Apresenta as sementes que serão utilizadas pelo método de segmentação por *Watersheds-IFT*. b) Imagem resultante: Resultado adquirido após aplicação do método de segmentação híbrido, podendo, com ele, realizar uma melhor análise na amostra.

Na Figura 5.15(b) é possível observar que não existe praticamente citoplasma na célula, uma vez que o núcleo cresceu de forma irregular e ocupou praticamente todo o espaço citoplasmático. Células com esse tipo de lesão têm um grande potencial de malignização e um baixo potencial para cura espontânea. São consideradas verdadeiros precursores de câncer de colo uterino e, se não tratadas, um número razoável de casos poderá evoluir para câncer.

A fim de confirmar o nível de classificação da amostra, uma quantificação é realizada na mesma. A área citoplasmática e nuclear encontrada é respectivamente de 697 pixels^2 e de 697 pixels^2 . Após obter essas medidas realiza-se o cálculo final onde se encontrou o resultado de 1, ou seja, 10:10. Sendo assim, pode-se analisar que o núcleo ocupou todo o espaço citoplasmático, estando mesmo inserida no nível V.

5.1.2 A importância do Método de Segmentação Híbrido para os patologistas

De acordo com profissionais da área médica, a técnica de segmentação híbrida possibilita aos especialistas realizar uma melhor análise em suas amostras, uma vez que é possível individualizar o núcleo do citoplasma, mostrando claramente a área ocupada por eles. Esse método também permite aos especialistas fazerem comparações entre amostras, deixando claro se ocorreu ou não alguma alteração celular.

Além disso, o desenvolvimento do método híbrido foi um importante passo dado quanto a questão da automatização do diagnóstico, faltando medir o tamanho do núcleo e do citoplasma presentes nas imagens.

Também, relatou-se que o método híbrido é importante para realizar a triagem nas imagens, fazendo com que o patologista possa especificar a área de interesse que deseja realizar seus estudos. Com isso, uma análise mais detalhada e eficiente pode ser obtida, a fim de que se possa gerar seu parecer final.

Sendo assim, afirma-se que a segmentação híbrida aliado à experiência profissional da área

médica é um importante ferramenta de apoio, com ela os exames são realizados com uma maior precisão e segurança.

5.2 Segunda Aplicação: Estudo Comparativo e avaliação do desempenho dos métodos de segmentação.

Nessa segunda aplicação será realizada uma comparação entre dois métodos de segmentação: o método de segmentação híbrido e o método de segmentação por *Watersheds-IFT*. Durante a análise será focada as vantagens de ambos os métodos e, posteriormente, será testado os respectivos desempenhos junto aos usuários.

O método de segmentação por *Watersheds-IFT* possui um resultado muito bom em termos de contorno, o que é possível graças à utilização de marcadores, uma vez que o número de regiões é igual ao número de marcadores. Contudo, existe a necessidade do usuário definir os marcadores, o que, muitas vezes, pode ocasionar um resultado insatisfatório, exigindo que a operação seja refeita várias vezes até conseguir gerar o conjunto certo de marcadores.

O método de segmentação híbrido elimina a necessidade de o usuário ter que definir o conjunto de sementes, pois as mesmas serão geradas automaticamente através do método de segmentação por *Mean Shift*. Com isso, o usuário não terá mais que aprender a técnica *Watersheds-IFT* para poder utilizá-la, nem aplicar o método de tentativa e erro a fim de gerar o conjunto certo de sementes.

Com o intuito de comprovar o desempenho de ambos os métodos foi realizada uma pesquisa entre os usuários, os quais utilizaram o método híbrido e o *Watersheds-IFT*, dando ao final suas respectivas opiniões. Para a realização dessa pesquisa serão entrevistados 7 usuários, os quais estão divididos em dois grupos: desenvolvedores pertencentes ao grupo PIGS (4) e os patologistas (3).

A eles foi especificado que para utilizar o método de segmentação *Watersheds-IFT* é necessário que insiram um conjunto de sementes na imagem, para delimitar sua região de interesse. Também afirma-se que cada semente inserida na amostra corresponderá a uma região segmentada na imagem.

O grupo dos desenvolvedores foi o primeiro a realizar os testes. Para eles, o método híbrido é mais fácil e ágil pois, sem o auxílio do método de segmentação por *Mean Shift*, é muito mais demorado gerar o conjunto de marcadores, necessários para a obtenção de um resultado que auxilie a análise dos especialistas.

Os desenvolvedores, após várias tentativas, não conseguiram encontrar um conjunto certo de sementes, não obtendo resultados satisfatórios em suas amostras. A Figura 5.16 mostra o resultado obtido após a aplicação do método de segmentação por *Watersheds-IFT*; na Figura 5.17 visualiza-se o resultado final após utilizar o método de segmentação híbrido.

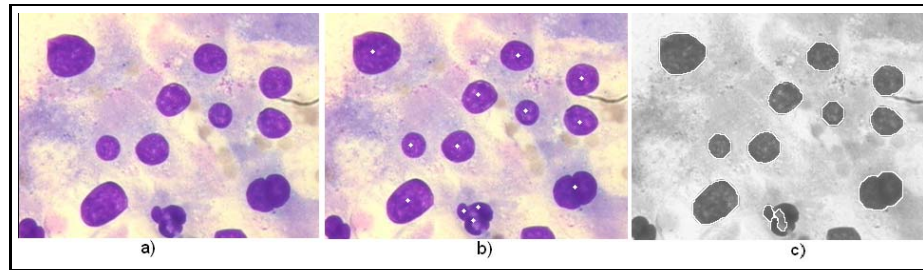


Figura 5.16: Resultado do método *Watersheds-IFT* em imagem citológica. a) Imagem Original. b) Imagem com marcadores. c) Imagem segmentada-IFT.

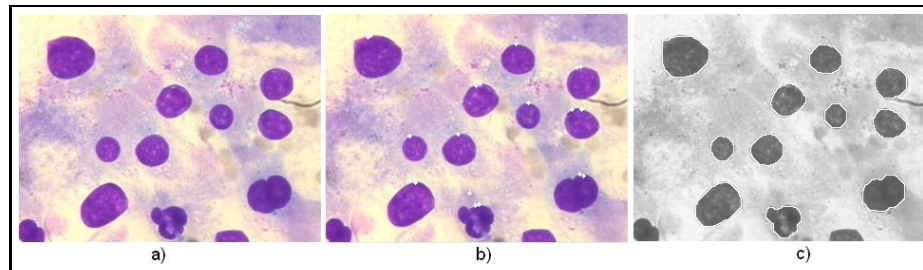


Figura 5.17: Resultado do método de segmentação híbrido em imagem citológica. a) Imagem original. b) Imagem original com marcadores. c) Imagem segmentada pelo método híbrido.

Para os desenvolvedores, gerar o conjunto certo de sementes só é possível se o usuário conhecer a técnica de segmentação *Watersheds-IFT*. Sem tal conhecimento, torna-se inviável utilizar o método, pois o usuário terá que “contar com a sorte”, com o intuito de encontrar o local exato das sementes.

Após a utilização do método de segmentação híbrido, os desenvolvedores analisaram que esse método possui um melhor desempenho não fazendo com que o usuário gaste tempo em aprender a técnica de segmentação *Watersheds-IFT*, nem tenha que prever o local onde as sementes precisam estar localizadas na imagem para alcançar um processo de segmentação satisfatório.

O segundo grupo, os patologistas, afirmam que o método de segmentação híbrido facilita o uso do software pois, para eles, foi de certa forma, complicado gerar os marcadores corretos. Várias tentativas ocorreram a fim de delimitar as regiões de suas amostras não tendo, em nenhuma delas, um resultado aceitável, onde todas as células estivessem segmentadas.

Para eles, escolher as sementes sozinho é algo totalmente desvantajoso uma vez que, além de desperdiçar tempo, ainda correm o risco de não conseguirem um resultado final satisfatório para auxiliá-los em suas análises. Na Figura 5.18, analisa-se o resultado obtido com os patologistas após utilizar o método de segmentação por *Watersheds-IFT*; na Figura 5.19 tem-se o

resultado obtido após a utilização do método de segmentação híbrido.

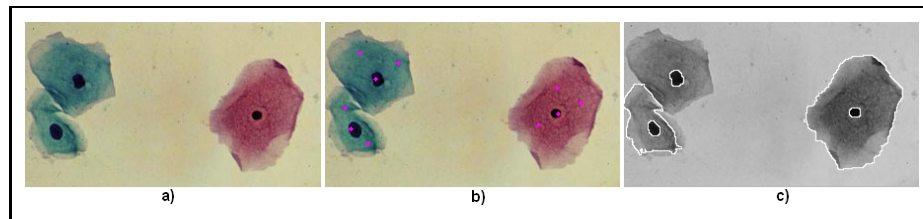


Figura 5.18: Resultado do método *Watersheds-IFT* em imagem citológica. a) Imagem Original. b) Imagem com marcadores. c) Imagem segmentada-IFT.

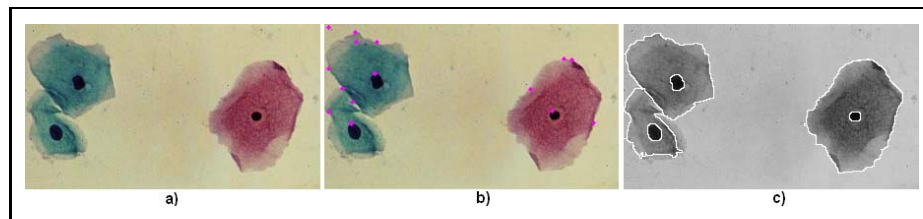


Figura 5.19: Resultado do método de segmentação híbrido em imagem citológica. a) Imagem original. b) Imagem original com marcadores. c) Imagem segmentada pelo método híbrido.

Com o método de segmentação híbrido, tornou-se mais fácil encontrar o conjunto de sementes, pois ele produz essas sementes automaticamente, não precisando que os patologistas levem muito tempo para conseguir o conjunto certo de marcadores, tendo apenas a tarefa de analisar se as sementes geradas correspondem a área da amostra que se deseja examinar.

Sendo assim, percebe-se que o método de segmentação híbrido auxilia os usuários a definir mais facilmente os marcadores, os quais são necessários para executar o processo de segmentação por *Watersheds-IFT*. Realizar o processo de segmentação por *Watersheds-IFT* é um exercício complexo para os usuários, tornando-se algo cansativo, desmotivando os mesmos na utilização do software.

5.3 Terceira Aplicação: Auxiliando os patologistas a identificar o grau de invasão do melanoma em células cutâneas.

A incidência de melanoma maligno de pele tem aumentado em vários países nos últimos quarenta anos. Tal fato vem sendo alvo de preocupação para as autoridades de saúde pública desses países e muitas campanhas de prevenção e diagnóstico precoce têm sido realizadas nos últimos anos. O melanoma cutâneo é potencialmente hoje um câncer que pode ser curado se

tratado precocemente, mas sua letalidade ainda é alta nos casos em que a doença é diagnosticada em fase não inicial [WEE 2002].

O melanoma maligno é o câncer de pele de pior prognóstico. É um tumor grave devido ao seu alto potencial de produzir metástases enviando células tumorais para outros órgãos, onde se desenvolvem [FLE 2003]. Originam-se dos melanócitos (células que produzem pigmento que dá a cor a pele), espalhando-se, caso seja diagnosticado inicialmente, pela epiderme e pela derme, Figura 5.20.

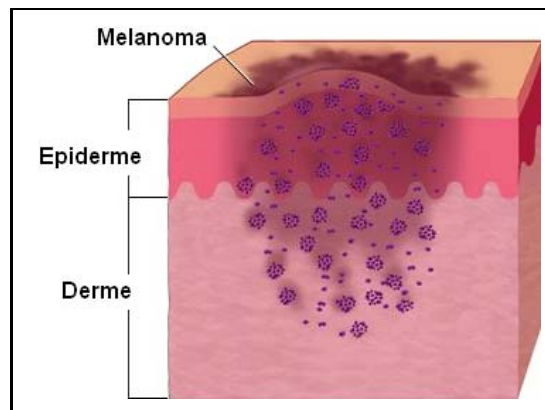


Figura 5.20: Camada da pele onde o melanoma pode atingir. Adaptado de [BRE 2006]

Na fase inicial, o melanoma fica restrito a camada mais superficial da pele, aparecendo como uma lesão escura que aumenta de tamanho em extensão e/ou profundidade, com alteração de suas cores originais e surgimento de pontos pigmentados ao redor da lesão inicial. Essa primeira fase é a ideal para realização do diagnóstico e tratamento, pois, nesta localização, ainda não ocorre a disseminação de células tumorais à distância e a retirada completa do tumor tem altos índices de cura [AGN 2001].

Nas seguintes fases, o melanoma começa a progredir em profundidade atingindo a epiderme e a derme. A profundidade atingida e a espessura da lesão são os parâmetros que definem a gravidade da doença. Quanto mais profunda e espessa mais grave, pois aumentam os riscos de metástases para outros órgãos [WEE 2002].

Com o intuito de medir a profundidade da lesão, os médicos utilizam em seus exames histológicos a escala de Breslow, a qual mede o nível de espessura vertical do tumor. A classificação de Breslow é melhor para prever o comportamento subsequente do melanoma em lesões com mais de 1,5mm de espessura e deve ser obtida sempre que possível.

Conforme Renato [OLI 2003], a escala de Breslow possui cinco níveis: No nível I, o melanoma se encontra na fase inicial podendo ser removido totalmente da pele através de cirurgia; No nível II, o melanoma atinge a camada mais profunda da pele, a derme, porém não há sinais de metástases em outros órgãos; No nível III, a lesão atinge uma profundidade preocupante,

chegando até a 2.5mm de espessura, mas ainda não chega a atingir os gânglios linfáticos⁸; No nível IV, o melanoma começa a invadir os gânglios linfáticos, cercado toda a área da pele afetada, entretanto não há propagação das metástases à distância; E, no nível o V, o melanoma já se propaga além da área da pele afetada atingindo outros órgãos, como o fígado, os pulmões ou o cérebro. Na figura abaixo é possível visualizar a escala de Breslow com seus respectivos níveis.

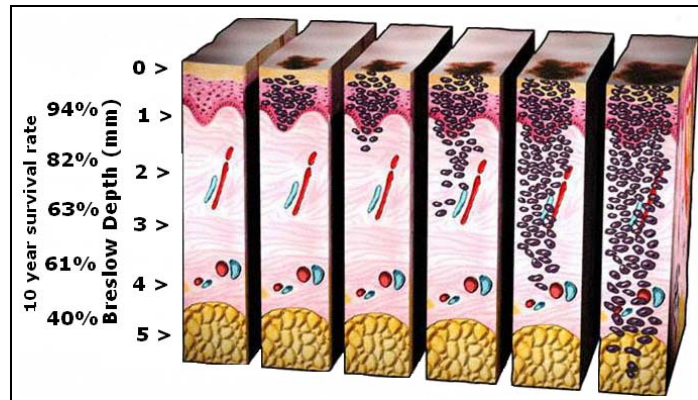


Figura 5.21: Escala de Breslow mostrando os seis níveis de invasão do melanoma. Adaptada de [Dav 2002]

Para realizar a análise histológica, os patologistas observam o grau de invasão do câncer nas células. Durante a análise, é necessário que eles examinem se na amostra existe células de cores diferente (células cancerígenas). Caso exista, é necessário ver a profundidade em que essas células encontram-se e, classificar em um dos níveis da escala de Breslow.

Saber o nível de classificação de um paciente é muito importante para o médico, uma vez que só com esse parecer é possível iniciar o tratamento e avaliar qual o seu prognóstico. Na Figura 5.22 é possível analisar as chances que um paciente possui de sobreviver.

⁸Conforme Heron [AGN 2001], os gânglios linfáticos produzem células brancas, os linfócitos, os quais produzem anticorpos para defender o organismo de infecções. Quando ocorre uma infecção, os gânglios linfáticos podem aumentar de tamanho e ficar doloridos enquanto estão reagindo aos microorganismos invasores.

Prognóstico		
Estágio	Espessura	Sobrevida 5 anos
I	< 0.76 mm	96%
II	0.76 a 1.5 mm	87%
III	1.5 a 2.5 mm	75%
IV	2.5 a 4.0 mm	66%
V	> 4.0 mm	47%

Figura 5.22: Nessa tabela é possível observar a sobrevida de um paciente num período de 5 anos.

Analisando a Figura 5.22, percebe-se que a sobrevida de um paciente é avaliada conforme o estágio e a espessura em que o câncer se encontra. Para realizar essa avaliação, os patologistas observam a profundidade, o tamanho, a cor e os vários outros fatores encontrados nas células cancerígenas [OLI 2003].

Como a cor das células cancerígenas é diferente do restante das células presente na amostra, o método híbrido irá identificar facilmente esse conjunto de células doentes, pois um dos algoritmos que compõem o método de segmentação híbrido, o *Mean Shift*, leva em consideração exatamente o tom de cor presente na imagem para realizar o processo de segmentação. Com isso, o especialista agilizará o processo de análise, pois apenas terá que medir a profundidade em que essas células doentes encontram-se, conforme a escala de Breslow, tornando o diagnóstico semi-automatizado, facilitando assim o parecer final dos especialistas.

A seguir, o método híbrido será aplicado a imagens histológicas cancerígenas, a fim de que seus resultados sejam analisados. Foram testados apenas amostras pertencentes ao nível 1, 4 e 5, sendo que mais testes se realizar-se-ão tão logo novas imagens sejam coletadas. Com o intuito de aplicar o método de segmentação híbrido nos níveis a seguir, será necessário que o usuário gere sementes, as quais serão utilizadas na etapa final do método híbrido.

5.3.1 Nível I

No nível I, o melanoma é menor que 1mm. Com essa espessura, o melanoma ainda não atingiu os gânglios linfáticos ficando restrito apenas a camada externa da pele. Na Figura 5.23, é possível visualizar uma amostra pertencente a esse estágio e na Figura 5.24, observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário, juntamente com o resultado final da aplicação.

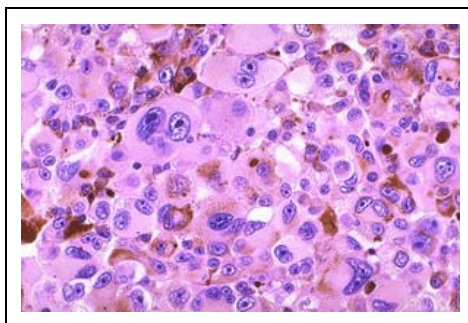


Figura 5.23: Célula pertencente ao nível I da escala de Breslow. Figura adaptada de: <http://www.kitasato.or.jp>.

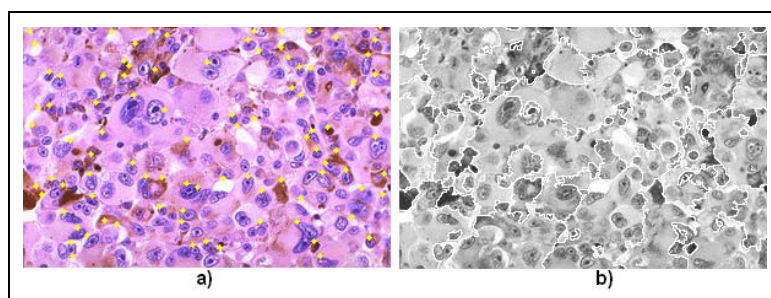


Figura 5.24: a): Imagem contendo as sementes que serão utilizadas no processo de segmentação não-linear. b): Imagem segmentada por meio do método de segmentação híbrido

Na imagem resultante, observa-se que o método de segmentação híbrido não conseguiu atingir o resultado esperado, pois não delimitou de forma correta as células cancerígenas. Com isso, deixou várias células afetadas sem serem segmentadas, não possibilitando que os patologistas realizem uma melhor análise em suas amostras.

5.3.2 Nível IV

No quarto nível, o melanoma possui uma alta espessura variando de 2.5 a 4mm. A lesão se encontra a uma profundidade alta, atingindo os gânglios linfáticos e fazendo com que o organismo crie metástases em outros órgãos. Na Figura 5.25, é possível visualizar uma amostra pertencente a esse nível e a Figura 5.26 mostra o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.

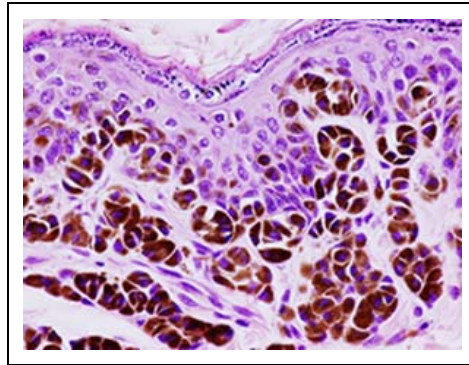


Figura 5.25: Amostra pertencente ao nível IV conforme a escala de Breslow. Figura adaptada de: <http://www.kitasato.or.jp>.

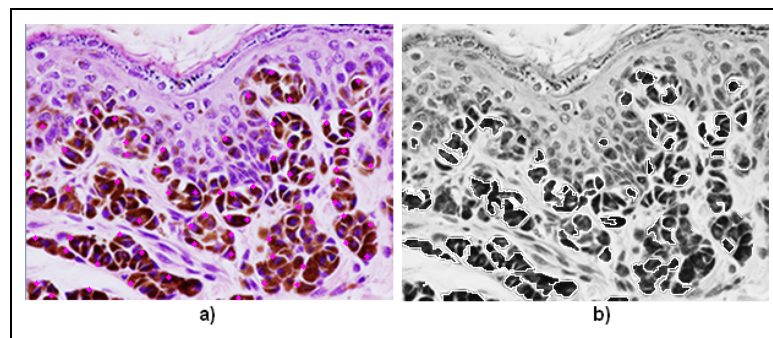


Figura 5.26: Imagem resultante do método de segmentação híbrido. a) Imagem contendo as sementes que serão utilizadas no processo de segmentação *Watersheds-IFT*. b): Imagem segmentada através do método de segmentação híbrido

O resultado obtido com o método de segmentação híbrido mostra que o mesmo não conseguiu segmentar de forma correta os melanócitos presentes na amostra. O processo de segmentação híbrido gerou corretamente as sementes marcando apenas as células cancerígenas, mas a imagem possui um alto grau de granularidade, o qual dificulta realizar corretamente o processo de segmentação.

5.3.3 Nível V

No nível V, o melanoma já se propagou para outros órgãos, como por exemplo o pulmão, o fígado ou o cérebro. A sobrevida do paciente nesse nível é baixa, já que somente 47% das pessoas sobrevivem. Na Figura 5.27, é possível visualizar um exemplo dessa amostra, na Figura 5.28, observa-se o conjunto de sementes gerado pelo usuário juntamente com o resultado final da aplicação.

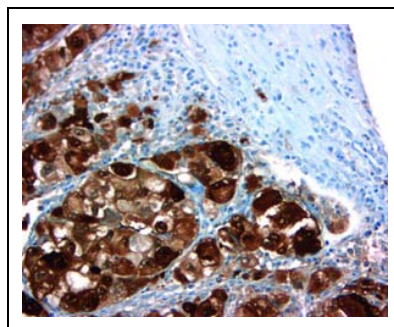


Figura 5.27: Célula pertencente ao nível V conforme a escala de Breslow. Figura adaptada de: <http://www.ventanamed.com>

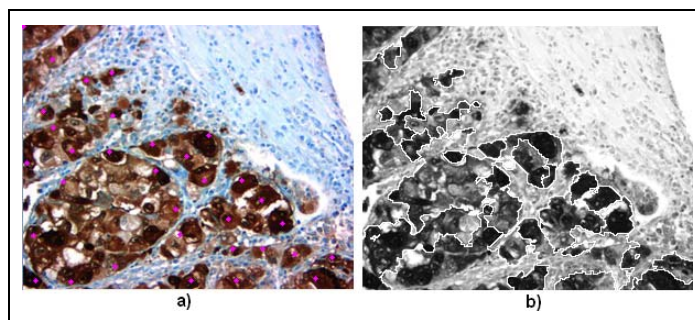


Figura 5.28: Imagem resultante do método de segmentação Híbrido. a): Imagem contendo sementes, as quais serão utilizadas na segmentação por *Watersheds-IFT*. b): Imagem resultante do método de segmentação híbrido.

Depois de analisar o resultado final, foi possível observar que o método híbrido não conseguiu efetuar corretamente, a delimitação das células cancerígenas, não possibilitando aos patologistas analisar de forma precisa a profundidade em que a lesão se encontra conforme a escala de Breslow.

5.3.4 Avaliando os resultados obtidos com o Método de Segmentação Híbrido.

Após analisar os resultados obtidos através do método híbrido, é possível observar que os mesmos não foram satisfatórios. Várias células cancerígenas deixaram de ser delimitadas e outras foram segmentadas de forma inadequada, não possibilitando aos especialistas realizar exames adequados em suas amostras.

Também observou-se que várias regiões que não estavam afetadas pelo melanoma foram segmentadas, o que prejudica análise dos patologistas, pois, se todas as células forem segmentadas o método não irá auxiliar e sim provocar confusão no momento da análise.

Para que essa confusão não ocorra, o método deve ser preciso não podendo deixar nenhuma

dúvida em relação ao seu resultado. Qualquer falha existente em um sistema de análise de imagens médicas pode acarretar em diagnósticos errôneos prejudicando assim o tratamento dos pacientes.

Portanto, é preciso avaliar o tipo de imagem a ser segmentada antes de aplicar o método de segmentação híbrido. Imagens que possuam tons de cor semelhantes e um alto grau de granularidade não possibilitam ao algoritmo híbrido realizar um processo de segmentação satisfatório, visto que, o algoritmo *Mean Shift* diminui os tons de cor presentes em uma imagem fazendo com que diferentes regiões se unam realizando a segmentação de forma inadequada prejudicando assim a análise dos patologistas.

A fim de auxiliar os especialistas a realizarem essa análise é necessário que seja desenvolvida uma técnica específica para essa aplicação. Para isso, é essencial que o desenvolvedor realize um estudo aprofundado dos métodos de processamento e análise de imagens existentes.

6 CONCLUSÕES

Nesse trabalho foi desenvolvido o método de segmentação híbrido o qual atingiu o objetivo proposto: automatizar o método de segmentação *Watersheds-IFT* facilitando a tarefa do usuário de encontrar o conjunto correto de sementes necessárias para obter um resultado preciso no processo de segmentação. Para atingir esse resultado utilizou-se o algoritmo *Mean Shift*, o qual reduziu o conjunto de pontos presentes na imagem, que foram utilizados como marcadores no processo de segmentação por *Watersheds-IFT*. Após implementar o método de segmentação híbrido, foram realizados dois testes, por meio dos quais foi possível comprovar a aplicabilidade do método.

No primeiro teste, o método de segmentação híbrido foi utilizado em imagens citológicas, coletadas pelo exame de Papanicolaou. Esse método visa auxiliar os patologistas na realização da classificação em seus respectivos níveis, conforme o grau da lesão encontrado em suas amostras.

O resultado do Papanicolaou foi satisfatório, visto que as imagens resultantes da segmentação híbrida permitiram aos patologistas realizarem uma melhor análise em suas amostras. Nessa análise, foi possível individualizar o núcleo do citoplasma, mostrando claramente a área ocupada por eles. Além disso, os especialistas puderam realizar comparações entre as amostras, visualizando de forma clara e precisa se ocorreu ou não alguma alteração celular. Também relatou-se que, com a aplicação do método híbrido, é possível efetuar o processo de triagem nas amostras, fazendo com que o especialista delimite a área na qual pretende realizar seus exames, proporcionando uma melhor análise em suas amostras.

Na segunda aplicação, realizou-se uma comparação entre os métodos de segmentação *Watersheds-IFT* e híbrido. Após os testes, constatou-se que a técnica de segmentação híbrida possibilita aos usuários encontrar mais rapidamente o conjunto de marcadores necessários para realizar, de forma satisfatória, o processo de segmentação por *Watersheds-IFT*. Além disso, o método híbrido possibilita que os usuários utilizem a técnica de segmentação *Watersheds-IFT* sem ter que conhecê-la, facilitando o uso do software por parte dos mesmos.

Desta forma, o método híbrido permite que o usuário encontre, mais facilmente, o conjunto de sementes necessárias para aplicar a técnica *Watersheds-IFT*, pois ela mostra ao usuário em que parte da imagem a semente será utilizada, dando uma melhor visão de como a segmentação será realizada. Ainda, o método desenvolvido possibilita que o usuário, caso não concorde

com as sementes geradas pelo método de segmentação *Mean Shift* possa alterá-las removendo-as ou adicionando-as. Sendo assim, é possível afirmar que o método de segmentação híbrido proporcionou um melhor resultado, permitindo aos usuários realizar de forma mais acurada o processo de interpretação e análise de imagens.

6.1 Trabalhos Futuros

A continuidade desta pesquisa pode ser efetuada por uma gama de outros trabalhos. Tem-se como sugestões os seguintes tópicos:

- Aperfeiçoar a interface do sistema por meio de elementos que possibilitem uma melhor Interação Homem-Máquina (IHC), estabelecendo um canal de comunicação entre o usuário e o sistema (computador).
- Pode-se complementar a técnica híbrida tornando-a específica para o auxílio do exame de Papanicolaou, para isso, torna-se necessário automatizar o processo de quantificação.
- Realizar mais testes no sistema a fim de encontrar novas imagens que obtenham resultados satisfatórios com a aplicação do método de segmentação híbrido.
- Aplicar técnicas de pré-processamento, como por exemplo, tabela de cor, com o intuito de analisar se o processo de segmentação híbrido irá ocorrer de forma mais rápida e precisa, gerando resultados satisfatórios em um número maior de imagens, ampliando, assim, seu uso.
- Integrar o componente híbrido ao sistema Arthemis.
- Validar o método de segmentação MeSegHi. Para isso, é necessário comparar os resultados obtidos por meio do método híbrido com os resultados obtidos através do processo de segmentação realizado por profissionais da área médica. Após, realizar uma quantificação desses resultados por meio de métodos matemáticos.

REFERÊNCIAS

- [AGN 2001] AGNE, H. C. C. **Prognóstico da recidiva do carcinoma basocelular excisado sem margem de segurança**. 2001. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas.
- [ALA 1997] ALAN W. BROWN; SHORT, K. On components and objects: the foundation of component-based development. **IEEE International Symposium on Assessment of Software Tools and Technologies.**, v.5, 1997.
- [ALB 2001] ALBUQUERQUE, M. P. de; ALBUQUERQUE, M. P. de. **Processamento de imagens: métodos e análises**. Disponível em <www.cbpf.br/cat/pdsi/pdf/ProcessamentoImagens.PDF>. Acesso em: fevereiro. 2006).
- [ALB 2003] ALBUQUERQUE; MARCELO PORTES ALBRUQUERQUE., A. I. M. P. de. **Processamento digital de imagens. Universidade do Norte Fluminense - Centro Brasileiro de Pesquisa e Física**, 2003.
- [ALE 1977] ALEXANDER C.; ISHAKAWA, S. S. S. **A pattern language**. New York: Oxford University Press, 1977.
- [ALE 2000] ALEXANDRE X. FALCÃO, R. d. A. L.; ARAUJO, G. **The image foresting transformation**.
- [ALM 1998] ALMEIDA, A. C. R. de. **Photopixj: ambiente para execução e integração de algoritmos de processamento digital de imagens**. 1998. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Departamento de Ciência da Computação - Belo Horizonte.
- [ANT 1999] ANTUNES, E. J. **Uma abordagem interdisciplinar aplicada a correção de prognósticos metereológicos**. 1999. esp — Monografia apresentada ao curso de bacharelado do instituto de física e matemática da Universidade Federal de Pelotas.
- [ARA 1999] ARAÚJO, S. R. **Citologia e histopatologia básicas do colo uterino para ginecologistas: “uma sessão de slides”**: a mente aprende melhor por imagens. Curitiba: Editora VP, 1999.

- [AYA 2004] AYALA, H. A. L. **Uma abordagem de segmentação de imagens por aprendizagem**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Programa de Pós-graduação em Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.
- [BEE 2005] BEERS, M. H.; BERKOW, R. **The merck manual of medical information**. New York: Disponível em <<http://www.merck.com/mmhe/index/ind-ab.html>>. Acesso em: Junho 2006)., 2005.
- [BOA 2006] BOAVENTURA, I. A. G. **Introdução a orientação a objetos e uml**. Disponível em <www.dcce.ibilce.unesp.br/~ines/cursos/proj-si/2006/aula_02_IntrOOeUMLL.ppt>. Acesso em: fevereiro de 2006).
- [BOO 2000] BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **The unified modeling language user guide**. [S.l.]: Addison Wesley, 2000.
- [BOY 1990] BOYCE, T.; BLOEBAUM, R.; BACHUS, K. Reproducible method for calibrating the backscattered electron signal for quantitative assessment of mineral content in bone. **Scanning Microscopy**, v.4, n.3, p.591–603, 1990.
- [BRE 2006] BREWER, C. Nucleus medical art. **Artigo on line**. Disponível em: <http://hon.nucleusinc.com/>, Acessado em maio de 2006.
- [BUS 1996] BUSCHMANN, F. et al. **Pattern - oriented software architecture: a system of patterns**. New York: John Wiley & Sons Ltd, 1996. v.1.
- [CHE 1995] CHENG, Y. Mean shift, mode seeking, and clustering. **IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE**, v.17, n.8, p.790, August 1995.
- [CLA 2002] CLARKE, A.; EBERHARDT, C. **Microscopy techniques for materials science**. Boston: CRC Press, 2002.
- [COM 2001] COMANICIU, D.; MEER, P. Cell image segmentation for diagnostic pathology. **Springer-Verlag New York, Inc. New York, USA**, 2001.
- [COS 2004] COSTA., J. A. T. B. da. Mini curso de microscopia e microanálise - processamento e análise de imagens digitais de microscopia eletrônica. **Centro de Microscopia Eletrônica e Microanálise Ulbra.**, 2004.
- [CRN 2003] CRNKOVIC, I. Component-based software engineering - new challenges in software development. **Conf. information Technology Interfaces**, June 2003.
- [DAV 2001] DAVID BRAUN JEFF SIVILS, A. S.; VERSTEEGH, J. **Unified modeling language (uml) tutorial**. New York: Disponível em <<http://>

[//pigseye.kennesaw.edu/~dbraun/csis4650/A&D/UML_tutorial/index.htm](http://pigseye.kennesaw.edu/~dbraun/csis4650/A&D/UML_tutorial/index.htm)>. Acesso em: Março), 2001.

- [Dav 2002] Davide Brunelli. **Med art -3d medical illustrations and artworks**.
- [D.CO 2001] D.COMANICIU; MEER, P. **Mean shift: a robust approach toward feature space analysis**. Disponível em <<http://www.caip.rutgers.edu/~comanici/MSPAMI/msPamiResults.html>>. Acesso em: June. 2005).
- [D'OR 2003] D'ORNELLAS, M. C. **Processamento e análise de imagens princípios, algoritmos e aplicações. Notas de aula - Universidade Federal de Santa Maria - Ciência da computação**, 2003.
- [D'OR 2001] D'ORNELLAS, M. **Algorithmic patterns for morphological image processing**. 2001. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Univesiteit van Amsterdam.
- [FAC 1996] FACON, J. **Morfologia matemática: teoria e exemplos**. Curitiba: Champagnat - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 1996.
- [FAL 2003] FALCÃO, A. X. **Introdução ao processamento de imagem digital**. Disponível em <<http://www.ic.unicamp.br/~afalcao/mo443/aula17.pdf>>. Acesso em: jan. 2006).
- [FLE 2003] FLETCHER, C. D. **Diagnostic histopathology of tumor**. Inglaterra: Edinburgh, 2003.
- [GAM 2000] GAMMA, E. et al. **Padrões de projeto: soluções reutilizáveis de software orientado a objetos**. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- [GON 2000a] GONZALES R. C., R. W. **Digital image processing**. [S.l.]: Addison - Wesley Publishing Company, Inc., 2000.
- [GON 2000] GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo - Brasil: Edgard Blücher, 2000.
- [GUJ 2005] GUJ. **Introdução a programação gráfica em java com swing**. Disponível em: <<http://www.guj.com.br/java.tutorial.artigo.38.1.guj>> . Acesso em: janeiro de 2006.
- [HOR 2001] HORSTMANN, C. S.; CORNELL, G. **Core java 2**. [S.l.]: Makron Books, 2001.
- [H.YA 2005] H.YAMAUCHI, S.; Y.LEE. **Feature sensitive mesh segmentation with mean shift**. Disponível em <<http://www.mpi-sb.mpg.de/~hitoshi/research/publications/SMI2005/SMI200%5yllobs.pdf>>. Acesso em: June. 2005).

- [IMA 2006] IMAGING, T. **Slide atlas: staining controls**. Disponível em <http://www.proexc.com/slide_atlas_controls.htm>. Acesso em: junho. 2006).
- [INC 2002] INCA - Instituto Nacional de Câncer. **Falando sobre câncer do colo do Útero**. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/publicacoes/falando_cancer_colo_uterio.pdf>. Acesso em: Julho de 2006.
- [JäHN 2000] JähNE, B.; HAUBECKER, H. **Computer vision an application**. [S.l.]: Academic Press, 2000.
- [JR. 2003] JR., P. J. Notas de aula - uma introdução aos padrões de projeto com java. **Disponível em** <<http://www.inf.unioeste.br/amdiniz/ftp/Pos/Pesquisas/IntrodPadroesComJava.ppt>>. **Acesso em: abril. 2006**), 2003.
- [KAS 1995] KASTURI; JANI; SHUNCK. **Machine vision**. New York: McGraw- Hill Inc, 1995.
- [K.FU 1990] K.FUNAKA. Introduction to statistical patern recognition. **Academic Press**, v.2, p.534, 1990.
- [LEãO 2005] LEãO, A. C. **Gerenciamento de cores para imagens digitais**. 2005. Dissertação de Mestrado — Escola de Belas Artes.
- [LIM 1999] LIMA GONÇALVES, T. de. **A citologia como método de rastreamento de lesões pré-malignas do colo uterino**. 1999. esp — Monografia de Especialização - Universidade Federal de Santa Maria.
- [LIR 2000] LIRA NETO, J. B. de. **Atlas de citopatologia e histologia do colo uterino**. Rio de Janeiro: Editora MEDSI, 2000.
- [LOT 2002] LOTUFO, R.; AO, A.; ZAMPIROLI, F. **Ift-watershed from gray-scale marker**.
- [LOU 2006] LOUREGA, L. et al. Meseghi: método de segmentação para processamento linear e nao-linear de imagens. **II-Workshop de Visao Computacional**, São Carlos-SP, 2006.
- [LOU 2006a] LOUREGA, L. et al. A hybrid image segmentation approach using linear and non-linear processing. **VBM2006 - Symposium "Vision by Brains and Machines**, Montevideo, 2006.
- [LOU 2005] LOUREGA, L.; FREITAS, G. D.; D'ORNELLAS, M. Segmentação de imagens usando o processamento de imagens linear e nao-linear no auxilio ao diagnostico de patologias. **Anais do Evento Realizado em Recife: Conbratec**, 2005.

- [M 1976] M, Z. **Exfoliative cytopathology**. Boston: Brown and Company, 1976.
- [MAR 2004] MARCUZZO, M. **Uma biblioteca de operadores em java para morfologia matemática**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso — Curso de Ciência da Computação- Universidade Federal de Santa Maria.
- [MIC 2001] MICROSYSTEMS, S. **Desenvolvimento de aplicações baseadas em componentes utilizando javabeans**. Disponível em <<http://www.guich.com/pf/capitulo3.html>>. Acesso em: Dezembro 2005).
- [M.L 1998] M.L, S. **Atlas de diagnóstico diferencial em citologia ginecológica**. [S.l.: s.n.], 1998.
- [MOR 2004] MORAES, M.; ARANTES, S.; SILVA GUERRA EM AND; MELO, N. **Citopatologia: atlas virtual de citologia esfoliativa**. [S.l.]: Disponível em <<http://www.unb.br/fs/citovirtual/index.html>>. Acesso em: Junho 2006)., 2004.
- [MUR 2001] MURPHY, D. B. **Fundamentals of light microscopy and electronic imaging**. Canada: JOHN WILEY and SONS, 2001.
- [NA 1994] NA, C.; KIM, H. Effective discrimination of cancer cells in medical images. **IEEE**, 1994.
- [NOG 2005] NOGUEIRA, A. Histórico da uml. **Disponível em** <http://www.imasters.com.br/artigo/2994/uml/historico_da_uml/>. **Acesso em: Abril. 2006).**, 2005.
- [OLI 2003] OLIVEIRA FILHO, R. S. de. Estudo morfométrico e imuni-histoquímico dos linfonodos sentinelas de pacientes com melanoma cutâneo primário. **Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Patologia.**, v.39, 2003.
- [ORQ 2006] ORQUIZA, S. M. C. **O que é o exame de papanicolaou**. Disponível em <<http://www.orientacoesmedicas.com.br/oqueepapanicolau.asp>>. Acesso em: June. 2006).
- [PAV 2005] PAVIM, A. X.; ROLOFF, M. L. Curso de processamento e análise de imagens. **Disponível em** <<http://s2i.das.ufsc.br/cursos/eneca05/curso-proc-imagem-eneca.pdf>>. **Acesso em: abril. 2006).**, 2005.
- [PRA 2001] PRATT, W. K. **Digital image processing**. New York: John Wiley and Sons, 2001.
- [PRE 1995] PREE, W. **Design patterns for object-oriented software development**. Wokingham: Addison Wesley, 1995.

- [PRE 2001] PRESSMAN, R. S. **Softwae engineering: a practioner's approach**. new York: McGraw-Hill, 2001.
- [REI 2005] REIS, M. A. dos; PAULA ANTUNES TEIXEIRA, V. de. **Atlas de citopatologia cérvico-vaginal**. Disponível em <<http://www.fmtm.br/instpub/fmtm/patge/cit0290.htm>>. Acesso em: junho. 2006).
- [ROE 2000] ROERDINK J.B; MEIJSTER, A. The watershed transform: definitions, algorithms and parallelizations strategies. **Fundamenta Informaticae**, v.41, p.187, 2000.
- [SAN 1997] SANCHEZ J.; CANTON, M. **Patterns, models, and application development: a c++ programmer's reference**. [S.l.]: CRC Press, 1997.
- [SEL 2004] SELLORS, J.; SANKARANARAYANAN, R. **Colposcopy and treatment of cervical intraepithelial neoplasia:a beginner's manual**. [S.l.]: Disponível em <<http://screening.iarc.fr/colpo.php?lang=1>>. Acesso em: Junho. 2006)., 2004.
- [SHA 2004] SHANKS, G. Representing composites in conceptual modeling. **Communication of the ACM**, v.47, p.77–80, July 2004.
- [SIL 2003] SILVEIRA, C. A. A. **Ajuste de histogramas para a determinação das frações volumétricas das fases de materiais compostos**. 2003. Dissertação de Mestrado — Universidade Federal de Santa Maria - Programa de Pós Graduação em Física.
- [STE 1999] STEFANO KUBIÇA; EDOUARD, L. **Processamento de imagens de documentos - parte iv**. Disponível em <<http://www.pr.gov.br/batebyte/edicoes/1999/bb91/imagens.htm>>. Acesso em: ago. 2005).
- [SUN 2005] SUN, M. Página oficial da linguagem java. **Artigo On-line. Disponível em: <http://java.com/en/about/>**, 2005.
- [SUN 2005a] SUN, M. Página oficial da linguagem java. **Artigo On-line. Disponível em: <http://java.sun.com>**, 2005.
- [Sun 2002] Sun Microsystems. **Programming in java TMadvanced imaging - release 1.0.1**. [S.l.]: A Sun Microsystems, Inc. Business, 2002. Disponível em: <<http://java.sun.com/developer/onlineTraining/javaai/jai/index.html> >. Acesso em: abr. 2005.
- [Sun 2004] Sun Microsystems. **Desenvolvimento de aplicações baseada em componentes utilizando javabeans**. [S.l.]: A Sun Microsystems, Inc. Business, 2004. Disponível em: <<http://http://www.guich.com/pf/capitulo3.html>>. Acesso em: março. 2006.

- [Sun 2004a] Sun Microsystems. **Programming in java advanced imaging**. Disponível em: http://java.sun.com/products/javamedia/jai/forDevelopers/jai1_0_1guide%-unc/Introduction.doc.html. Acesso em: abril de 2005.
- [Sun 2004b] Sun Microsystems. **Java™APIs for imaging: enterprise-scale, distributed 2d applications**. Disponível em: <http://java.sun.com/products/javamedia/jai/collateral/datasheet.html>. Acesso em: mar. 2004.
- [VIC 1991] VICENT, L.; SOILLE, P. Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersions simulations. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, p.583, 1991.
- [VIT 2003] VITHARANA, P. Risks and challenges of component-based software development. **Communication of the ACM**, v.46, p.67–73, August 2003.
- [WAN 2004] WANGENHEIM.A. **Técnicas de segmentação de imagens por crescimento de regiões (region-growing image segmentation)**. Disponível em <http://www.inf.ufsc.br/~visao/regiongrow.pdf>. Acesso em: janeiro. 2006).
- [WEE 2002] WEEDON, D. **Skin pathology**. Inglaterra: Edinburgh, 2002.
- [WEL 2005] WELFER, D. **Padrões de projeto no desenvolvimento de sistemas de processamento de imagens**. 2005. Dissertação de Mestrado — Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção(PPGEP)- Universidade Federal de Santa Maria.
- [Wik 2006] Wikipedia. **Swing**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Swing>. Acesso em: fevereiro de 2006.
- [YAM 2005] YAMAUCHI, H.; LEE, S. **Feature sensitive mesh segmentation with mean shift**. Disponível em: <http://chobi.archi.is.tohoku.ac.jp/yamauchi/research/publications/SMI2005/SMI2005ylobs.pdf>, Acessado em dezembro de 2005.