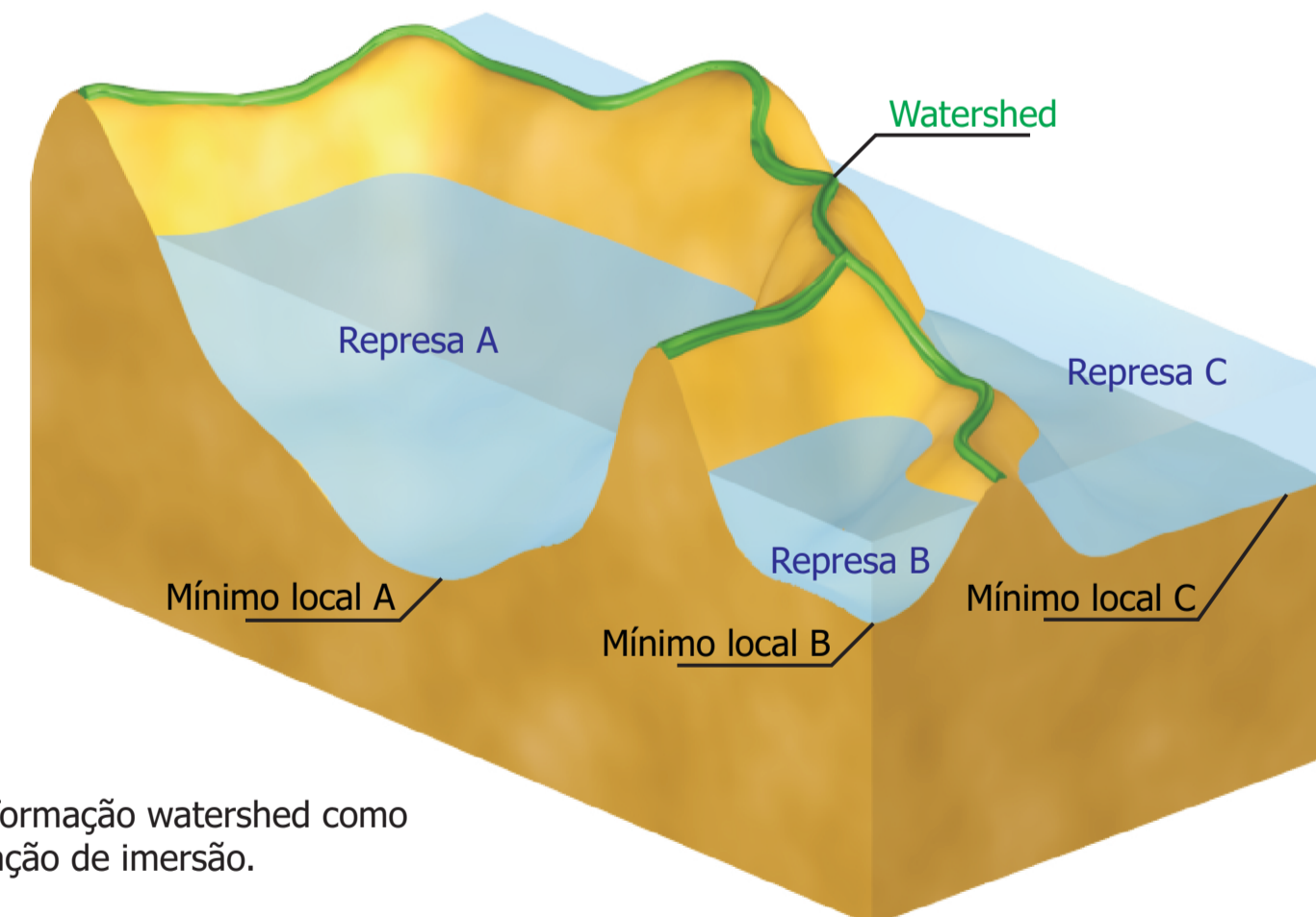


1. Objetivos

O particionamento de imagens em regiões correspondentes aos objetos de interesse (segmentação) é uma das primeiras etapas em qualquer processo de análise de imagens digitais. A transformação watershed é uma abordagem bastante utilizada para tal, reduzindo o problema de segmentação a um problema de encontrar marcadores para as regiões de interesse. Como achar os marcadores de forma automática não é uma tarefa trivial, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta interativa para facilitar a criação e edição manual de marcadores.

2. A Transformação Watershed

Considerando a imagem de entrada como uma superfície topográfica, o objetivo é produzir linhas de divisão de águas (watersheds) nesta superfície. Para tal, um furo é feito em cada mínimo local da superfície, que é submersa a uma taxa constante, permitindo a entrada da água. Quando frentes de água, vindas de diferentes mínimos locais (marcadores), estão prestes a se encontrar, uma barreira é construída para evitar tal encontro. Em algum momento, o processo chegará a um estado tal que somente os topos das barreiras estarão visíveis acima do nível da água, correspondendo às linhas de watershed.



Transformação watershed como simulação de imersão.

3. Material e Métodos

A ferramenta foi desenvolvida utilizando a plataforma Java (J2SE 5.0) da Sun Microsystems e o ambiente de desenvolvimento Eclipse.

O algoritmo implementado, como proposto em [1], é função de duas imagens, **f** e **L**, onde **f** é a imagem de entrada e **L** é uma imagem com os marcadores rotulados. A saída do algoritmo é a própria imagem **L**, onde cada bacia está rotulada com o valor do marcador correspondente. A imagem **ws**, inicialmente preenchida totalmente com valores 0, é marcada com 1 nos pixels que definem as linhas de watershed.

Função $L = cb(f,L)$

f: imagem de entrada
L: imagem rotulada (entrada e saída)

fila: fila de prioridade

1. Inicialização

para cada pixel p com $L(p) \neq 0$, $fila.insere(p,0)$

2. Propagação

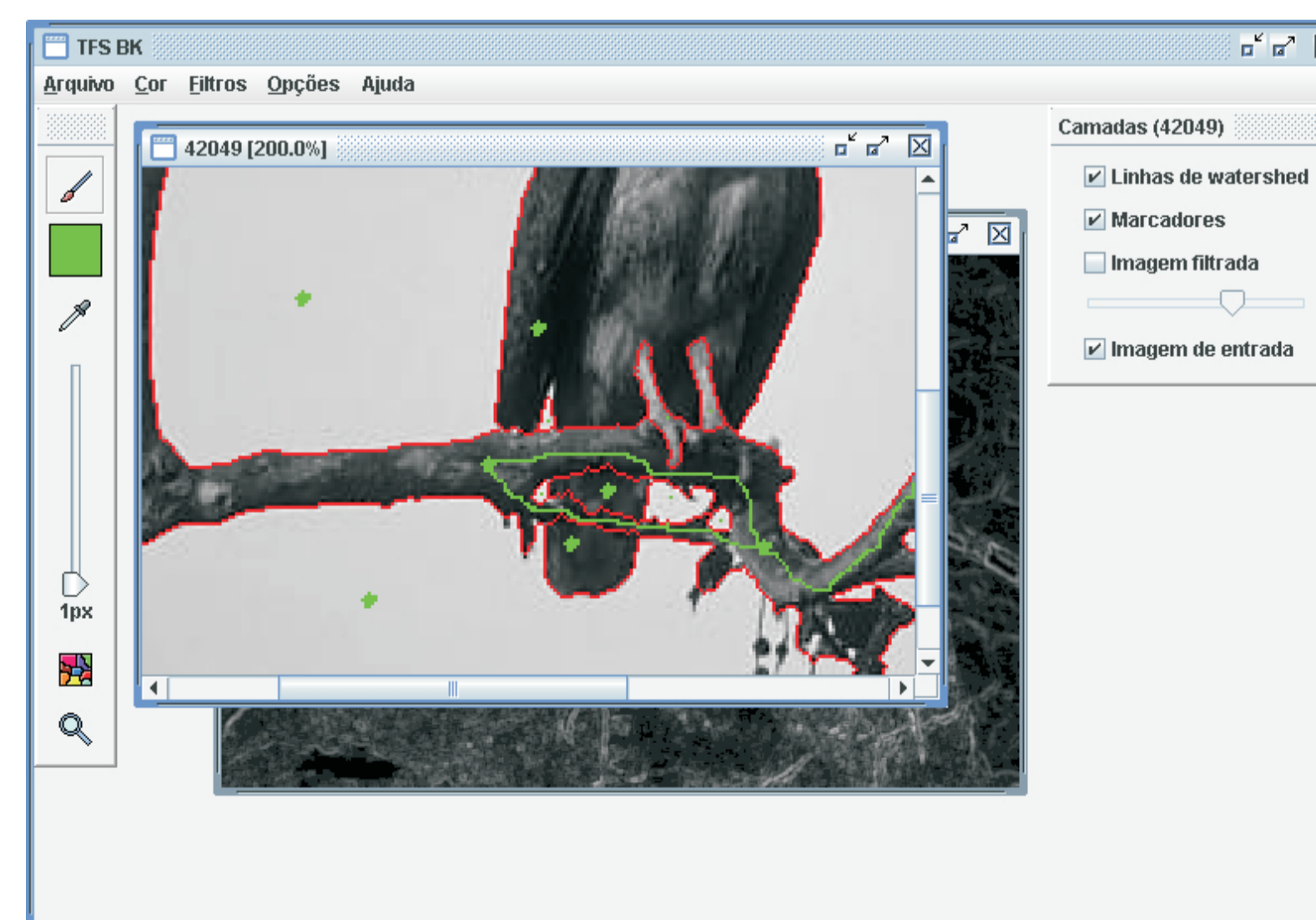
```

enquanto não fila.vazia()
  p ← fila.remove()
  marcar p como permanente
  para cada vizinho q não-permanente de p
    se q não está rotulado
      L(q) ← L(p)
      fila.insere(q,f(q))
  senão
    se L(q) ≠ L(p) e ws(q) = 0 e ws(p) = 0
      ws(q) ← 1
    
```

Algoritmo de Watershed a Partir de Marcadores

Por padrão, o algoritmo é aplicado sobre o gradiente morfológico da imagem de entrada, mas foi definida uma interface para tornar possível a utilização de outros filtros em futuras expansões da ferramenta, como a segmentação hierárquica (de forma a gerar automaticamente um conjunto inicial de marcadores), de imagens coloridas e de imagens de vídeo.

Como a interatividade do usuário se concentra na manipulação dos marcadores, foi desenvolvido um editor gráfico com ferramentas para facilitar sua criação e edição, como pincel e apagador seletivo, zoom e opções para salvar os marcadores, possibilitando refinamentos posteriores.



Captura de tela da ferramenta em execução (marcadores em verde e watershed em vermelho).

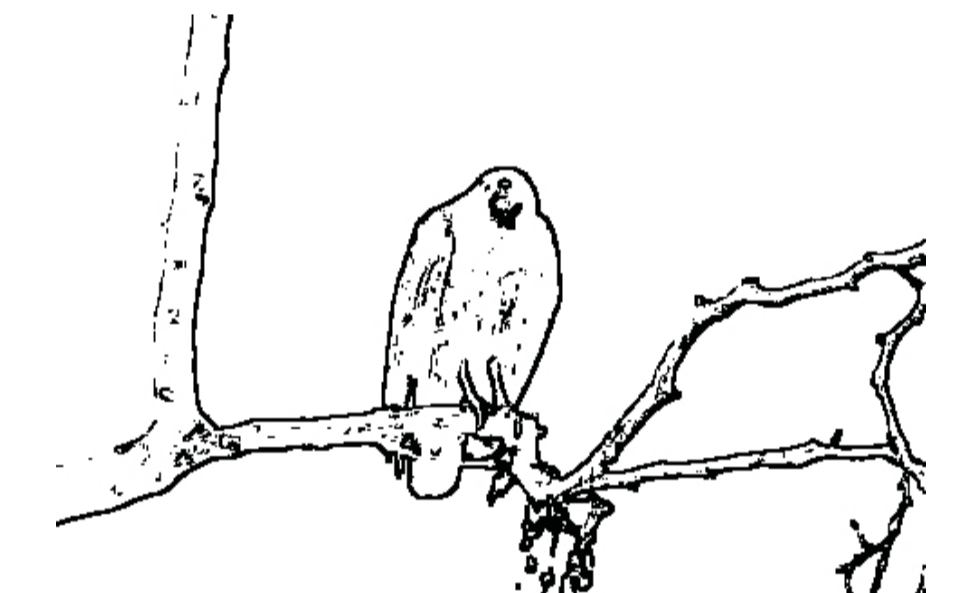
4. Resultados e Discussão

A ferramenta possibilita configurar diversos parâmetros durante sua execução, como o tipo de conectividade entre os pixels e a visibilidade das imagens de entrada, filtrada, marcadores e das linhas de watershed. Também é possível configurar quais imagens serão sobrepostas na imagem de saída.

Nas figuras a seguir, observa-se a vantagem da utilização da ferramenta em relação a técnicas automáticas: a edição manual de marcadores, com a segmentação automática após cada modificação (opção da ferramenta), permite a geração rápida de um conjunto de marcadores apropriados, permitindo um controle fino sobre as áreas de interesse.



Imagem original



Segmentação imprecisa, gerada a partir do threshold da negativa do gradiente morfológico da imagem



Imagem supersegmentada, gerada pela transformação watershed a partir dos mínimos locais



Imagem segmentada utilizando a ferramenta (marcadores indicados na cor verde)

5. Conclusões

A ferramenta facilita a obtenção da segmentação das áreas desejadas em imagens de tipos diversos, o que seria impraticável utilizando ferramentas sem intervenção humana, que normalmente só apresentam resultados satisfatórios quando são utilizadas para imagens restritas a um domínio específico, em situações bem controladas.

6. Referências Bibliográficas

[1] E. R. Dougherty e R. A. Lotufo, Hands-on Morphological Image Processing, 2003, SPIE Press.