

## 2 Trabalhos relacionados

A literatura está repleta de propostas de técnicas de segmentação de imagens (Riseman & Arbib, 1977; Haralick & Shapiro, 1985; Fu & Mui, 1981; Pal & Pal, 1993; Skarbek & Koschan, 1994; Deb, 2008).

Cada algoritmo de segmentação tem suas vantagens e desvantagens, dependendo da aplicação alvo. Estudos envolvendo métricas de avaliação de qualidade podem ser encontrados em (Zhang, 1996; Correia & Pereira, 2000; Cardoso & Corte-Real, 2005; Zhang et al., 2008). A comparação entre métodos de segmentação distintos também é assunto de diversos estudos como, por exemplo, em (Neubert & Meinel, 2003; Byrd et al., 2005; Neubert et al., 2008; Heimann et al., 2009).

A utilização destes algoritmos é feita em larga escala. Exemplos de trabalhos que envolvem suas aplicações na área médica podem ser vistos em (Colliot et al., 2006 e Campos, 2009) tratando respectivamente de identificar lesões no cérebro e nódulos pulmonares. Para classificação de cobertura urbana em imagens de sensoriamento remoto há igualmente inúmeras pesquisas (Meinel et al., 2001 e Herold, 2002). Em (Quevedo et al., 2009; Genovez et al., 2009) encontram-se aplicações relacionadas à avaliação ambiental.

### 2.1. Abordagens paralelas para segmentação de imagens

Algumas propostas foram feitas para acelerar os diferentes processos de segmentação. Em (Moga et al., 2008) são apresentadas duas abordagens para segmentação paralela por divisor de águas. A estratégia de paralelização é baseada na partição de uma imagem em sub-imagens e na sua respectiva distribuição em diferentes processadores. Cada sub-imagem é estendida de forma a criar uma área de sobreposição com as outras sub-imagens.

Em cada sub-imagem, um caminho é percorrido, para cada *pixel* não marcado, até a região de inserção. Apenas os *pixels* que satisfazem a relação de ordem definida no algoritmo são incorporados na região. Seu rótulo é então

associado e propagado de forma reversa através do caminho. No final, os resultados são mesclados para eliminar as sobreposições e definir rótulos para a imagem como um todo.

Para segmentação por divisão e união (do inglês *split-and-merge*), foi proposta em (Copty et al., 1994) uma versão paralela para arquiteturas SIMD e MIMD. Outra proposta é descrita em (Montoya et al., 2003); trata-se de um algoritmo paralelo para ser executado em múltiplos processadores.

Inicialmente, divide-se a imagem em sub-imagens de um dado tamanho, tal que cada parte seja executada em um diferente processador. Processa-se a etapa de divisão, que já é originalmente paralela. Em seguida, é gerado um grafo em cada processador, pela criação do conjunto de arestas das regiões que satisfaçam os critérios de proximidade e homogeneidade.

Por intermédio da comunicação entre os processadores, o grafo é atualizado envolvendo regiões que pertençam a diferentes sub-imagens. A partir daí ocorre a união das regiões considerando os melhores candidatos locais e os validando através da comunicação entre os processadores.

## 2.2. Abordagens paralelas para crescimento de regiões

No caso de algoritmos de segmentação por crescimento de regiões, (Singh et al., 1999) apresenta uma abordagem utilizando multiprocessadores. Inicialmente, um conjunto de sementes é definido e distribuído para cada processador. O algoritmo de crescimento de regiões é executado de forma independente por cada processador, porém possui um mecanismo de controle de crescimento. Este processo pode produzir regiões que contenham sobreposição de *pixels*, portanto, ao final do processo, é necessária uma etapa para resolver estes conflitos.

Em (Palomera-Perez et al., 2010), é proposto um algoritmo paralelo por crescimento de regiões para ser processado por um *cluster* de computadores. Inicialmente uma quantidade de sementes é definida e distribuída ao longo da imagem. A imagem é então dividida através de dois grupos de recortes (horizontais e verticais) para serem executados no *cluster*. Como há uma área de sobreposição entre as imagens, um operador binário é utilizado para corrigir eventuais diferenças entre os recortes e gerar um resultado único.

Nos trabalhos citados, um número pré-definido de sementes é escolhido para o crescimento de forma manual ou automática. Nas abordagens em que todos os *pixels* devem ser considerados sementes, existe uma maior dificuldade para realizar o paralelismo devido à grande quantidade de processos paralelos e à interdependência e à sincronização entre estes. Outra questão que pode tornar a paralelização ainda mais complexa é a utilização de critérios de homogeneidade que envolvem atributos de forma, além de atributos espectrais.

Em (Happ et al., 2010) propomos uma estratégia paralela que trata esses pontos. Voltado para uma arquitetura com múltiplos núcleos, o algoritmo é baseado na divisão da imagem em recortes a serem tratados por *threads* diferentes. Impõe-se uma restrição que faz com que regiões de diferentes recortes só possam ser fundidas em uma etapa seqüencial.

### 2.3. Abordagens paralelas aplicadas a GPUs

O emprego de GPUs na aceleração de diversos tipos de aplicação tem sido realizado com sucesso (Owens, 2008). Em (Galoppo et al., 2005) utilizam-se GPUs na resolução de sistemas lineares densos. Já em (Simek & Asn, 2008) a intenção é acelerar processos de compressão de imagens. Outra aplicação interessante de GPUs, entre diversas outras existentes, é na aceleração de algoritmos de previsão meteorológica como descrito em (Michalakes & Vachharajani, 2008).

A utilização de GPUs com a finalidade de obter aumento de desempenho em segmentação de imagens também está presente na literatura. Em (Baggio, 2007) é apresentado um algoritmo paralelo interativo com a técnica de segmentação Livewire. Um algoritmo de segmentação de imagens 3D para GPU, baseado em crescimento de regiões, é sugerido em (Schenke et al., 2005). Já, em (Pan et al., 2008) é proposto tanto um algoritmo paralelo baseado em crescimento de regiões quanto um baseado em divisor de águas. No entanto, estes algoritmos necessitam de escolha manual de sementes e são voltados principalmente para processamento de imagens médicas.

Na área de sensoriamento remoto, o algoritmo apresentado em (Baatz & Schäpe, 2000) tem sido amplamente utilizado pela comunidade de Análise Orientada a Objeto (GEOBIA), em grande medida, graças à popularidade do

*software* Definiens (Definiens, 2008), que implementa este algoritmo. Com exceção do apresentado em (Happ et al., 2010), que utiliza arquiteturas de múltiplos núcleos, não foi encontrado nenhum outro trabalho que empregue essa abordagem para crescimento de regiões de forma paralela.

Este trabalho visa preencher esta lacuna, ao propor um método automático de segmentação por crescimento de regiões baseado no algoritmo de Baatz & Schäpe (2000), que considera todos os *pixels* como sementes, avalia atributos tanto espectrais quanto espaciais e explora o paralelismo existente na GPU.