

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

# Otimização para Aumento de Exatidão da Transformada Wavelet de Haar À-Trous

Vinícius R. dos Santos,<sup>1</sup> Renata H. S. Reiser,<sup>2</sup> Maurício L. Pilla<sup>3</sup>

Mestrado em Ciência da Computação, PPGC, CDTEC, UFPel, Pelotas, RS

Alice Kozakevicius<sup>4</sup>

Departamento de Matemática, PPGI, LANA & GMICRO, UFSM, Santa Maria, RS

## 1 Resumo

A principal meta deste projeto consiste no desenvolvimento de extensões intervalares e otimizações de Transformadas Discretas *Wavelets* (TDWs), considerando a família de funções *Wavelets* ortonormais de Daubechies, funções *Spline-Wavelets* e *Wavelets* interpolatórias. O trabalho teve início com a implementação otimizada da Transformada *Wavelet* de Haar (TWH), em sua versão decimada, no qual foi possível eliminar totalmente o erro de cálculo em uma das 4 abordagens estudadas [1]. As otimizações também influenciaram na redução de até metade do tempo de execução. A implementação da versão não decimada, conhecida como formulação À Trous [2], utiliza da mesma estratégia de otimização utilizada pela sua versão decimada. Esta estratégia consiste em realizar primeiramente a transformação não normalizada dos dados, que não envolve o uso de valores irracionais, e na sequência cada coeficiente resultante é multiplicado pelo seu fator de normalização  $2^{j/2}$ , sendo  $j$  o nível local da transformação. Ou seja, as iterações do programa utilizam divisões pelo valor inteiro 2, ao invés de  $\sqrt{2}$  como é utilizado no processo normalizado, evitando assim divergências de cálculo durante os vários níveis de transformação.

## 2 Testes e Resultados

A Figura 1 apresenta os resultados em termos de tempo de execução e erro de cálculo envolvido. Os tempos de execução dos algoritmos desenvolvidos foram em média 17% mais lentos devido à etapa extra adicionada para normalização dos dados. Sobre os erros de cálculo, é possível notar o ganho de uma ordem de grandeza em todos os testes, mostrando que os algoritmos desenvolvidos são mais exatos que os da literatura. Importante notar

---

<sup>1</sup>vrdsantos@inf.ufpel.edu.br

<sup>2</sup>reiser@inf.ufpel.edu.br

<sup>3</sup>pilla@inf.ufpel.edu.br

<sup>4</sup>alicek@ufsm.br

que o processo de composição não implica em erros de cálculo, por isso a ausência de barras no gráfico.

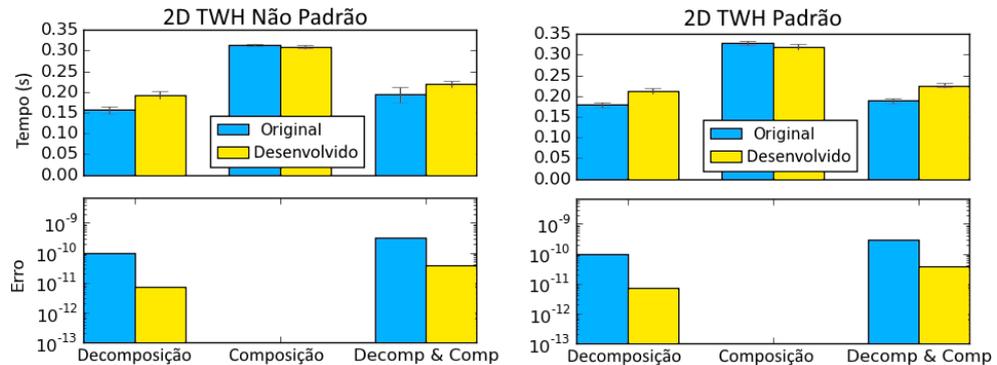


Figura 1: Médias dos tempos de execução e medição de erro das transformadas HWT À-Trous 2D padrão e não-padrão para imagem de 1024x1024 pixels.

### 3 Conclusão

Este trabalho apresenta a implementação da versão intervalar do algoritmo da TWH À-Trous com bons resultados quanto à análise do erro. As otimizações viabilizam o aumento na precisão dos cálculos de maneira satisfatória, com um baixo custo adicional em desempenho. Pelo fato das transformadas *wavelets* serem apropriadas para a análise de dados em contextos nos quais as escalas de representação são relevantes para o problema, o ganho de exatidão obtido pelas simplificações propostas neste trabalho representam uma contribuição significativa para esta área de pesquisa. Na continuidade, busca-se a extensão da biblioteca para suporte à programação paralela, utilizando OpenMP ou GPGPUs (*General-Processing Graphics Processing Units*).

### Agradecimentos

Projetos: 309533/2013-9 (PQ-2 CNPq), FAPERGS PQG-1873-2551/13.0, 309533/2013-9 (PqG FAPERGS) e 448766/2014-0 (MCTI/CNPQ/Universal 14/2014 - Faixa B).

### Referências

- [1] V. dos Santos, M. Pilla, R. Reiser, and A. Kozakevicius. Int-HWT: Increasing performance and exactitude of 1d and 2d haar wavelet transforms. In *Simpósio Sul de Microeletrônica (SIM)*, Santa Maria, RS, 2015.
- [2] J.-L. Starck, J. Fadili, and F. Murtagh. The undecimated wavelet decomposition and its reconstruction. In *IEEE Transactions On Image Processing, Vol. 16, No. 2*, 2007.