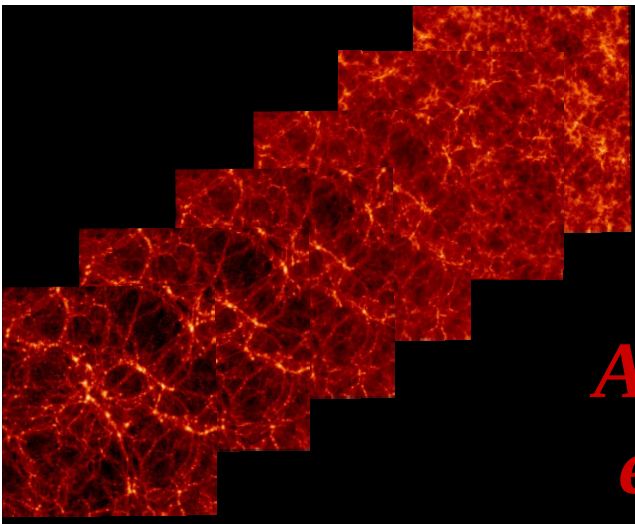




Análise de Padrões nas Estruturas em Grandes Escalas do Universo

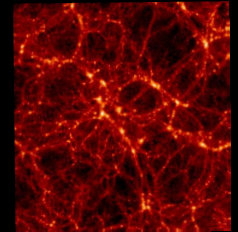
Ana Paula A. Andrade; André Luís B. Ribeiro
Laboratório de Astrofísica Teórica e Observacional - LATO
Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC

Reinaldo R. Rosa
Laboratório de Computação Científica e Matemática Aplicada - LAC
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Mathias Santos de Brito (UESC/USP)
Gustavo Zaniboni (ITA)

Motivação:

- DPOSS, 2df, SDSS => cenário hierárquico da distribuição de matéria no Universo
 - organização bem estruturada, em ampla e variada escala
 - filamentos, paredes, vazios e superaglomerados



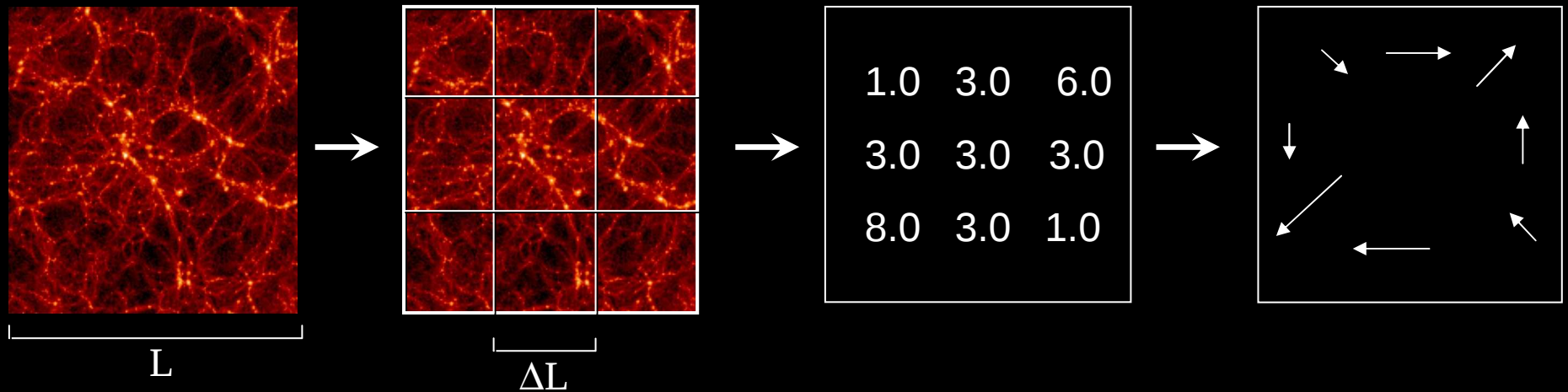
Desafio:

- explicar a emergência e evolução de padrões nas LSS
 - => enorme quantidade de dados observacionais e simulações
 - => Aplicar as ferramentas adequadas

A Técnica GPA

- Técnica computacional **simples**
 - flutuações locais pixel a pixel
- **Robusta**
- Testada
- **Adaptável** a diversos tipos de dados
- Adequada à análise **espaço-temporal** de sistemas complexos
 - GPA => comparativa

A Técnica GPA



- Sistema dinâmico => seqüência de N campos de vetores

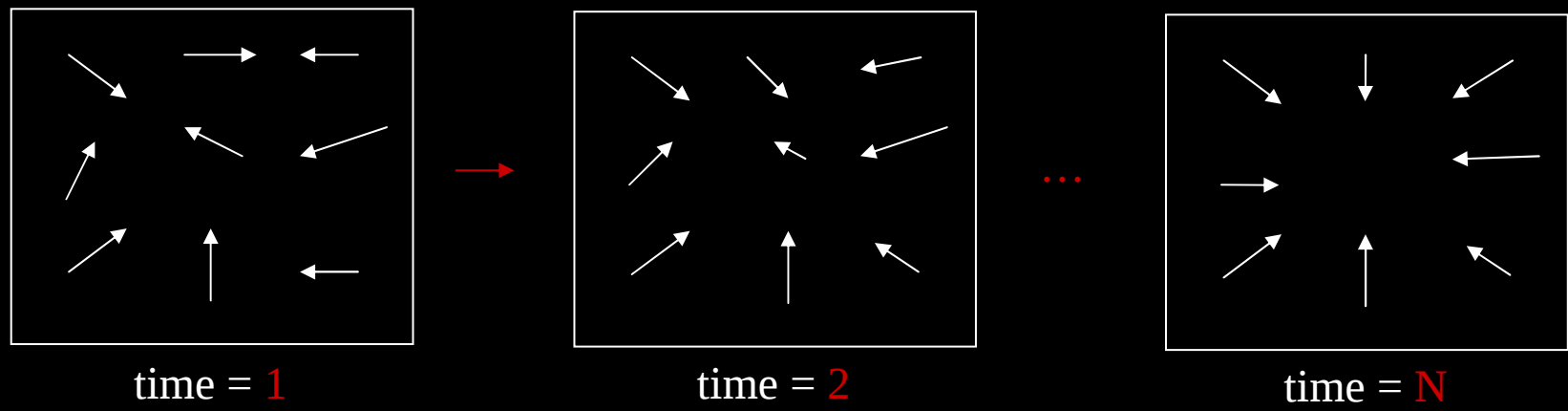
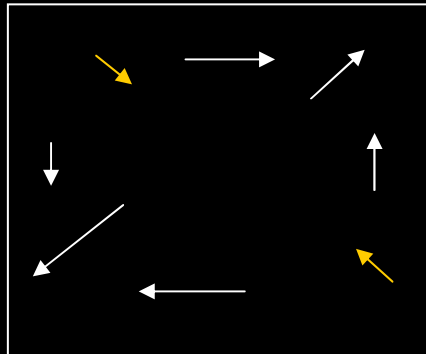


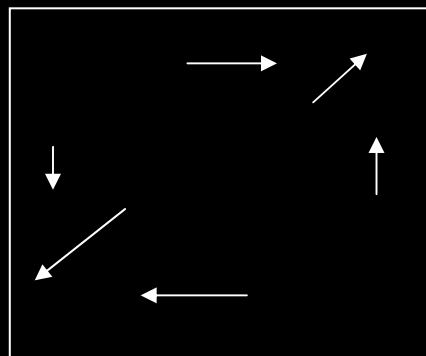
Image Matrix - E_{mm}

1.0	3.0	6.0
3.0	3.0	3.0
8.0	3.0	1.0

∇E_{mm}



$R_{i,j} \neq 0$



Gradient field
amplitude information

g_2

r_{11}	r_{12}	r_{13}
r_{21}	r_{22}	r_{23}
r_{31}	r_{32}	r_{33}

Gradient field
phase information

g_3

ϕ_{11}	ϕ_{12}	ϕ_{13}
ϕ_{21}	ϕ_{22}	ϕ_{23}
ϕ_{31}	ϕ_{32}	ϕ_{33}

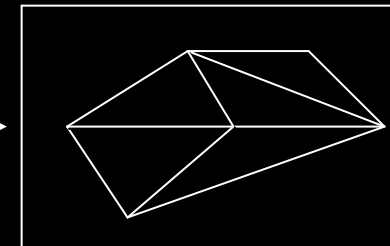
Complex Form of the
Gradient Field

g_4

z_{11}	z_{12}	z_{13}
z_{21}	z_{22}	z_{23}
z_{31}	z_{32}	z_{33}

g_1

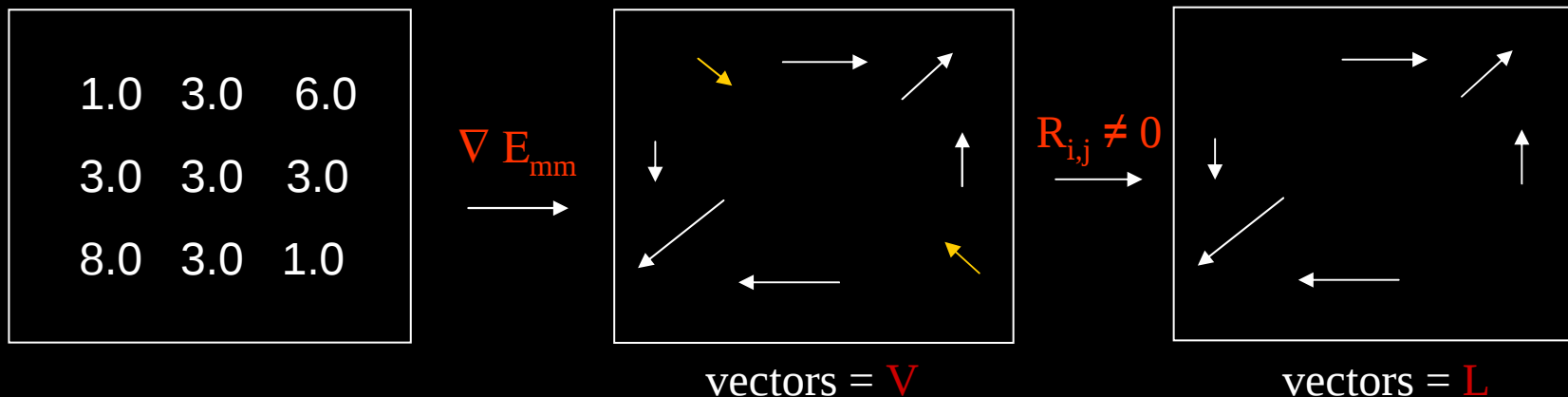
Asymmetrical Vectors



F_A

Fragmentação Assimétrica

- Fragmentações no campo gradiente => quebras de simetria
=> Investigar o campo de vetores assimétricos
- Definição de vetores simétricos => $V_i = -V_j \Rightarrow R_{i,j} = V_i - V_j = 0 \pm \epsilon$



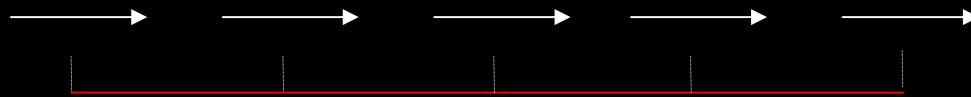
Fragmentação Assimétrica

- Parâmetro $L \Rightarrow$ primeira medida do grau de assimetria
 - $\Rightarrow$ não contém informação sobre a orientação dos vetores
- Maneira possível de quantificar a orientação dos vetores
 - $\Rightarrow$ Triangulação de Delaunay
- Idéia central: o número de triângulos resultante é função:
 - do número de pontos
 - distribuição desses pontos

Fragmentação Assimétrica

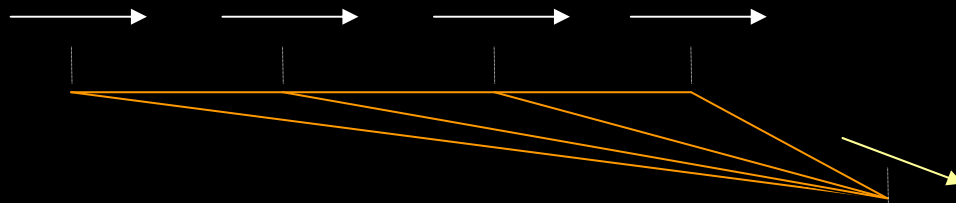
- Que pontos?

- Escolher um ponto representativo de cada vetor



Number of
vectors: $L = 5$

Connection Lines
 $\Rightarrow I = 4$



Number of
vectors: $L = 5$

Connection Lines
 $\Rightarrow I = 7$

Fragmentação Assimétrica

- Uma medida de complexidade local dos vetores assimétricos:

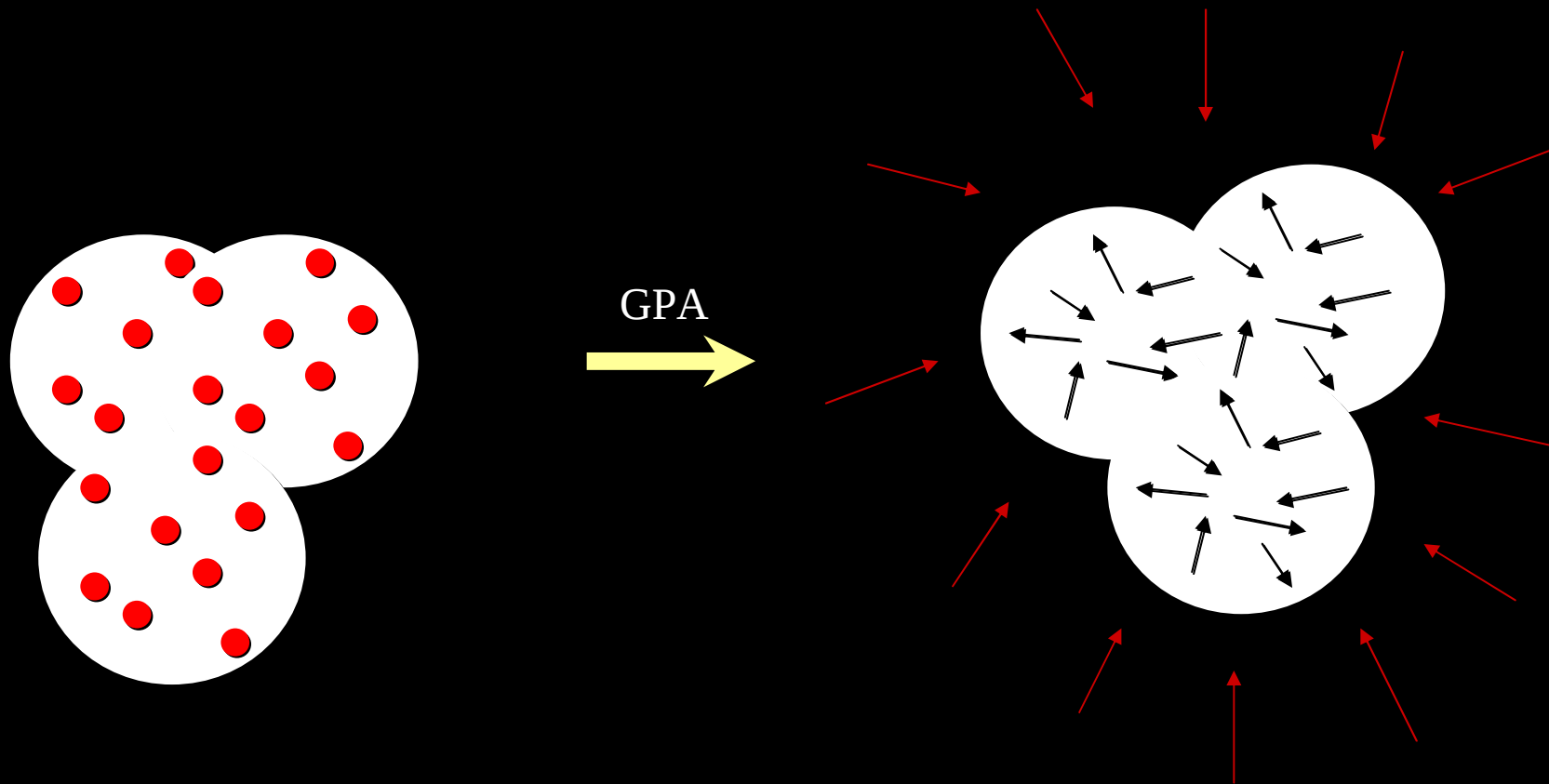
I = número de **linhas de conexão** entre os pontos-médios

L = número de **vetores assimétricos**

$$F_A = \frac{I - L}{L} = g_1, \quad \text{for } I \geq L > 0$$

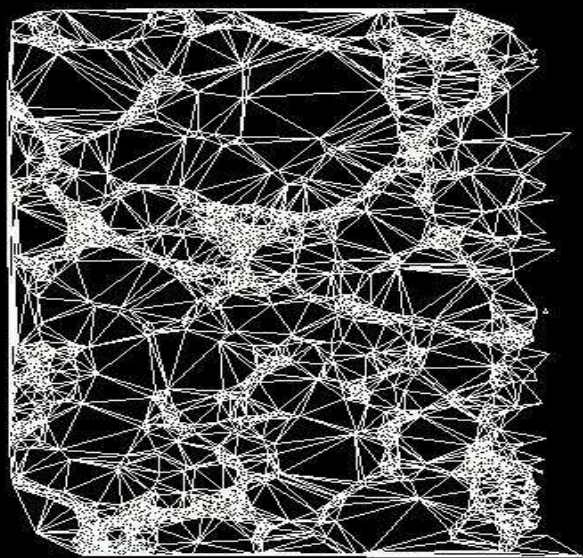
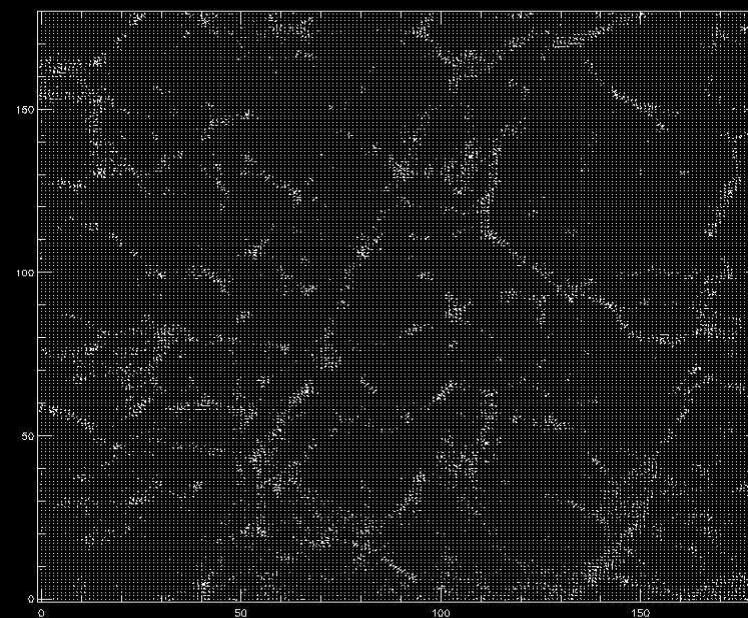
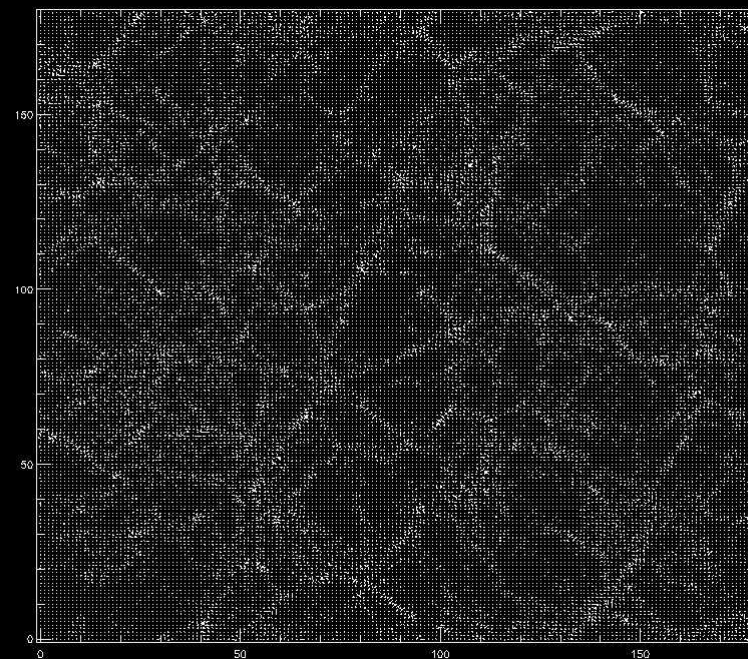
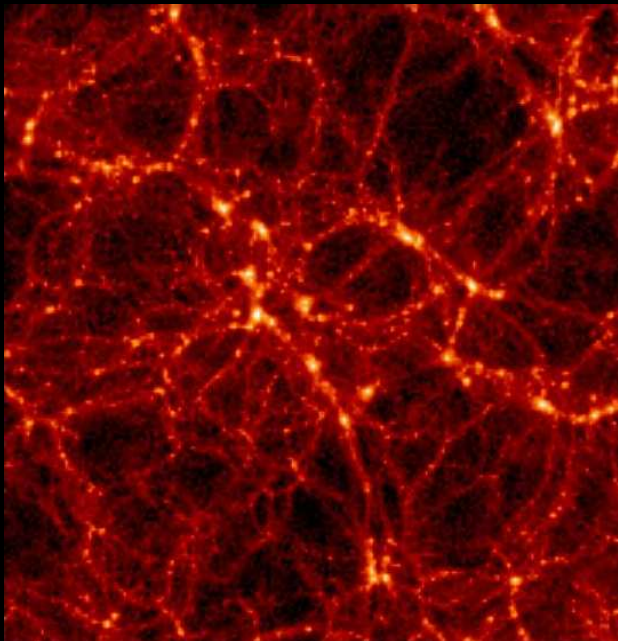
- Simulações N-body ~ 80 % de vetores assimétricos
- **Vale a pena?**
- Porque não trabalhar com todo o campo usando apenas o número de linhas de conexão como parâmetro?

Vale a pena...

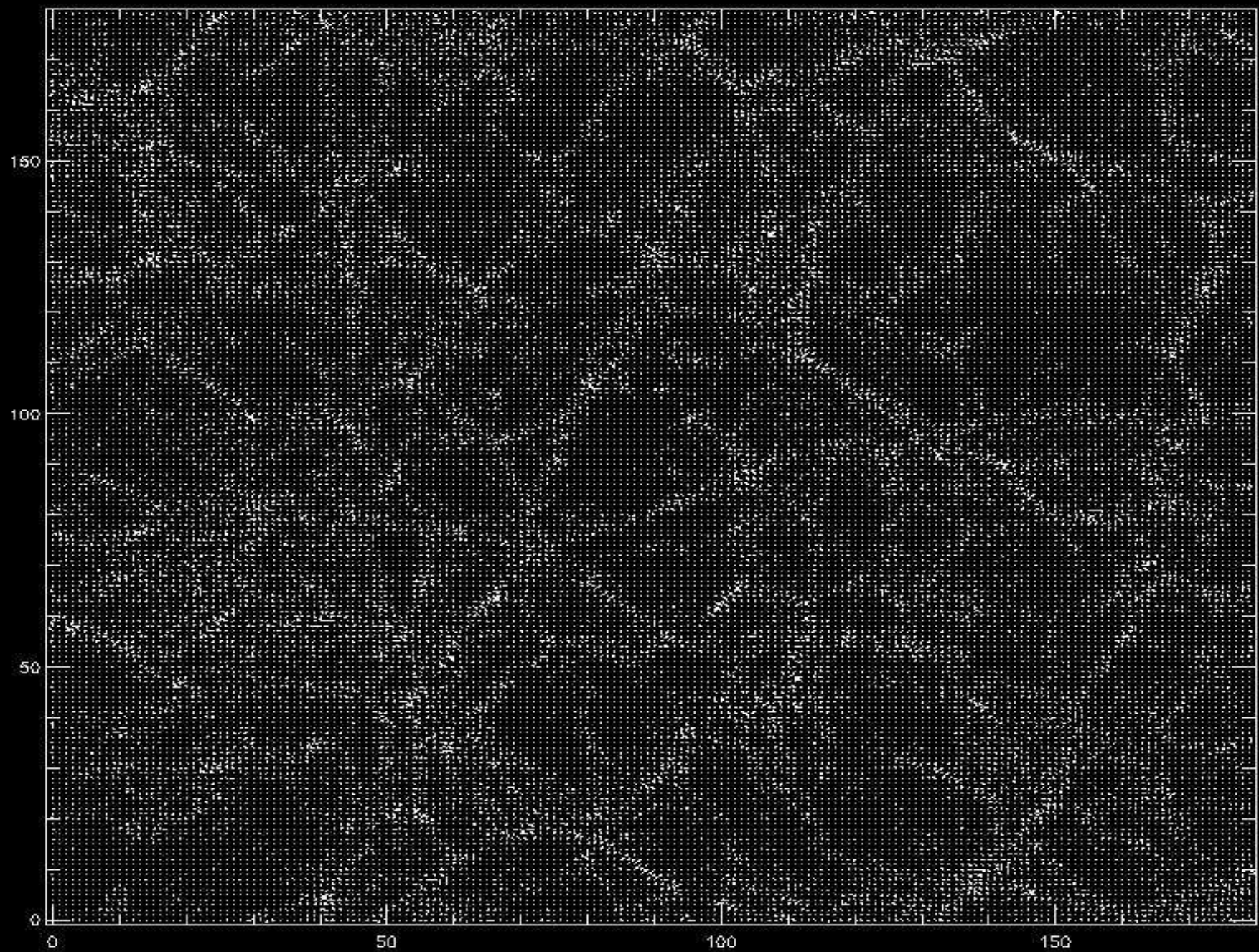


- Removendo Simetrias ... eliminando efeitos de borda!

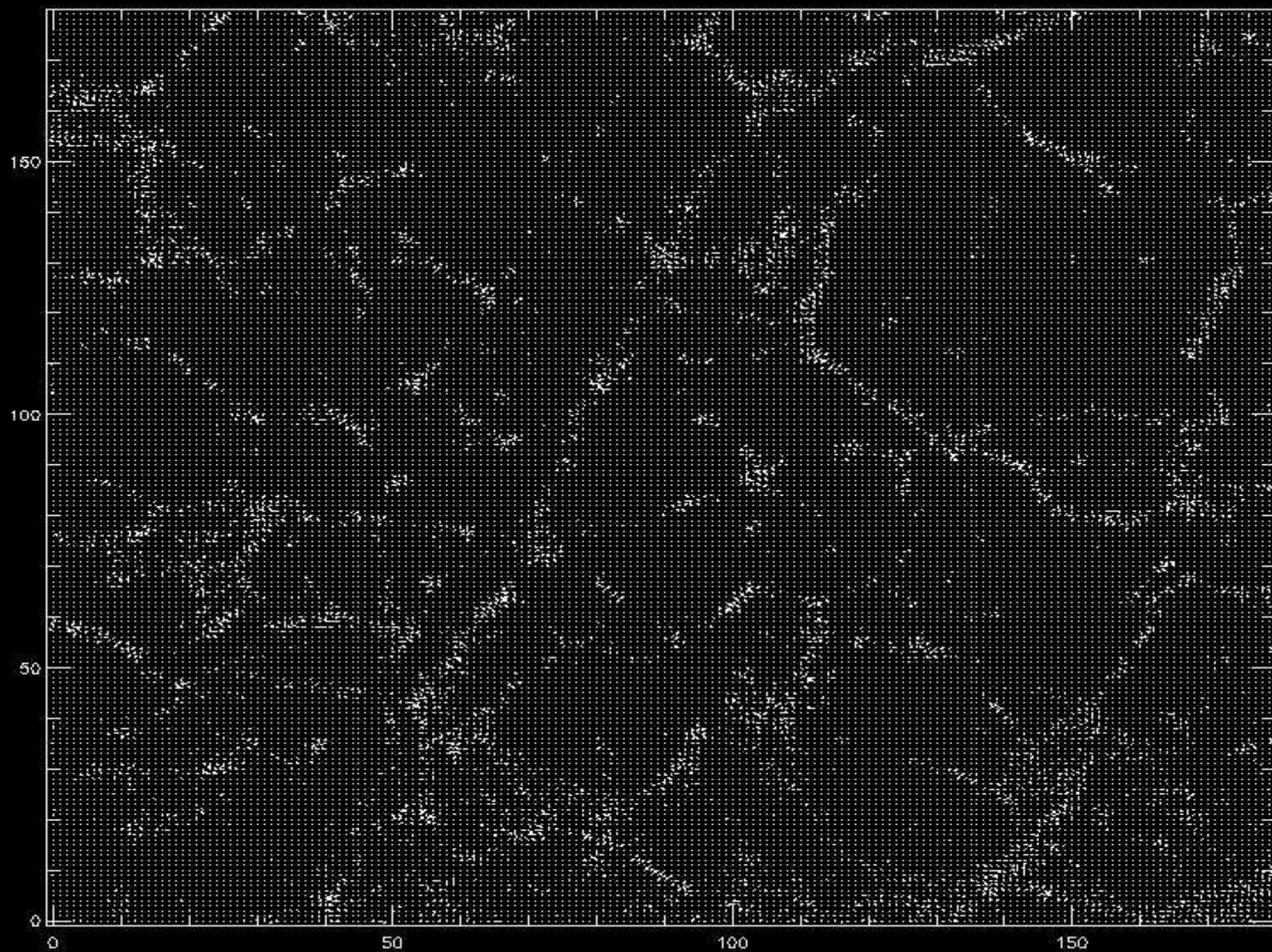
$Z = 0$



$Z = 0$

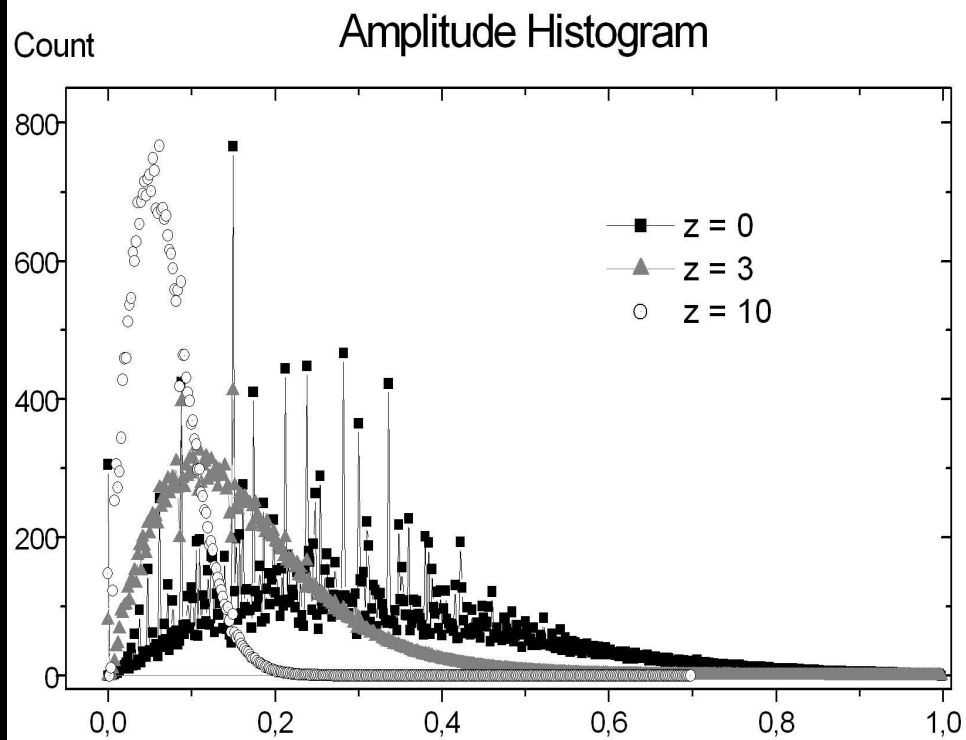


$z = 0$

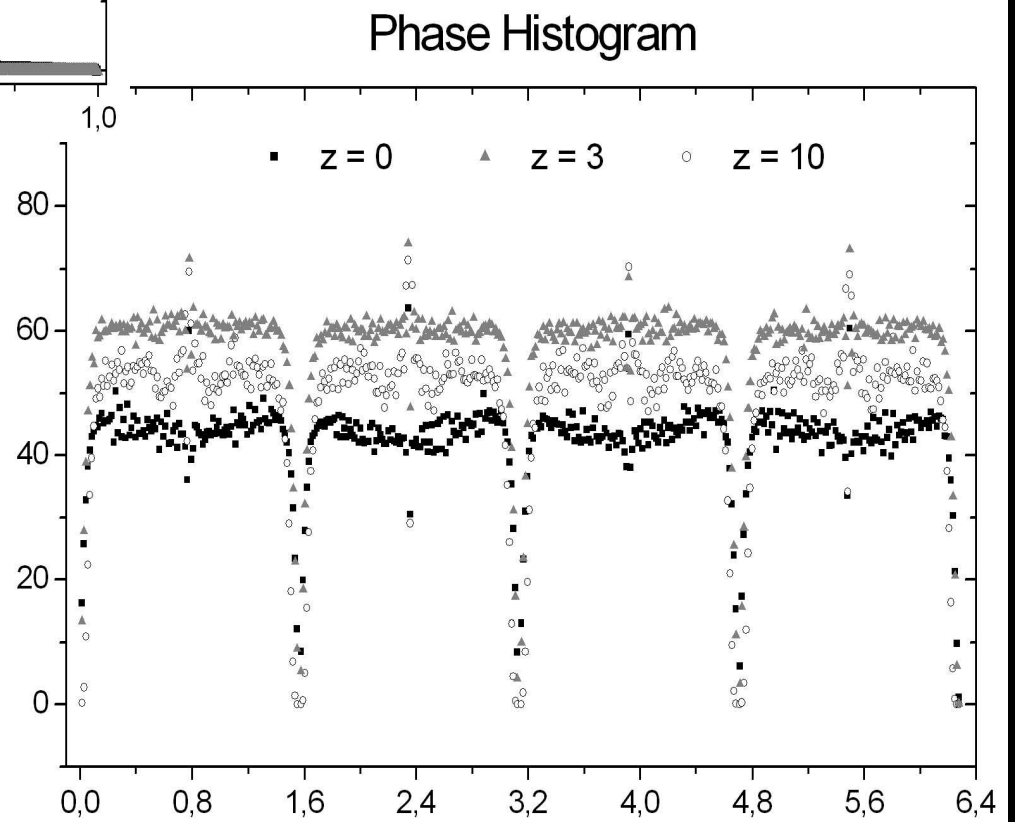


Aplicação Simulações N-Body

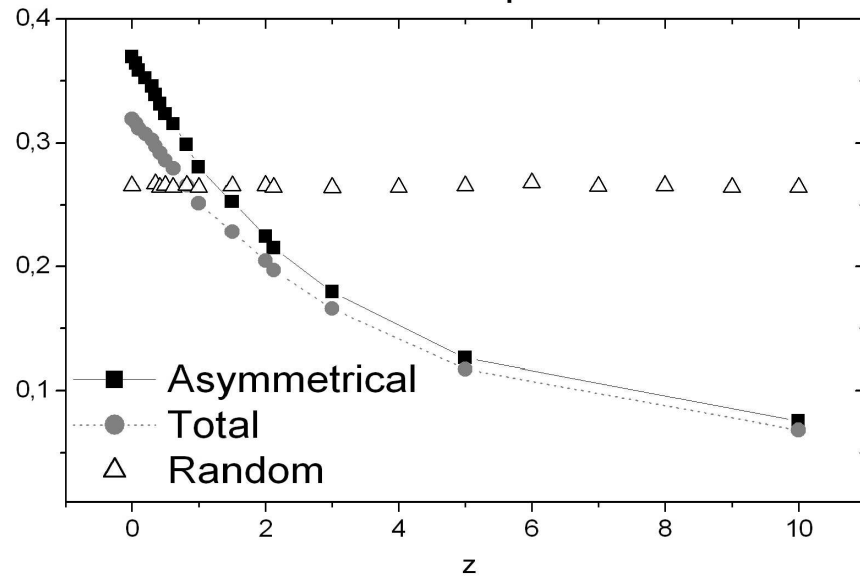
- Primeiro Teste => Campo de densidades de partículas
- Análise se padrões sobre Normas e Fases => g_2 e g_3
 - Médias
 - Variância
 - Assimetria
 - Curtose
 - Correlação complexa
- Fragmentação Assimétrica => F_A



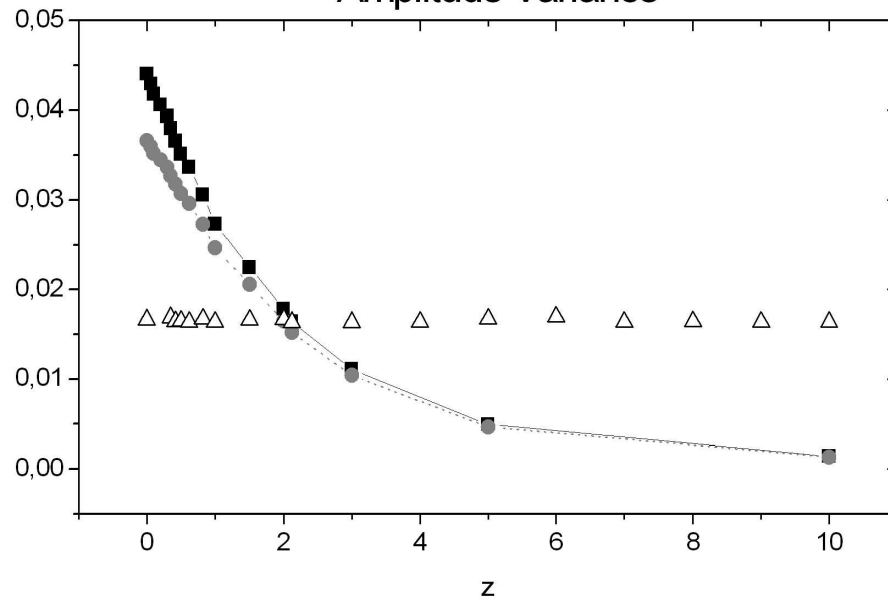
ANDRADE, A.P.A.; RIBEIRO, A.L.B.; ROSA, R.R.;
Physica D – Nonlinear Phenomena, v. 223, 139-145, 2006



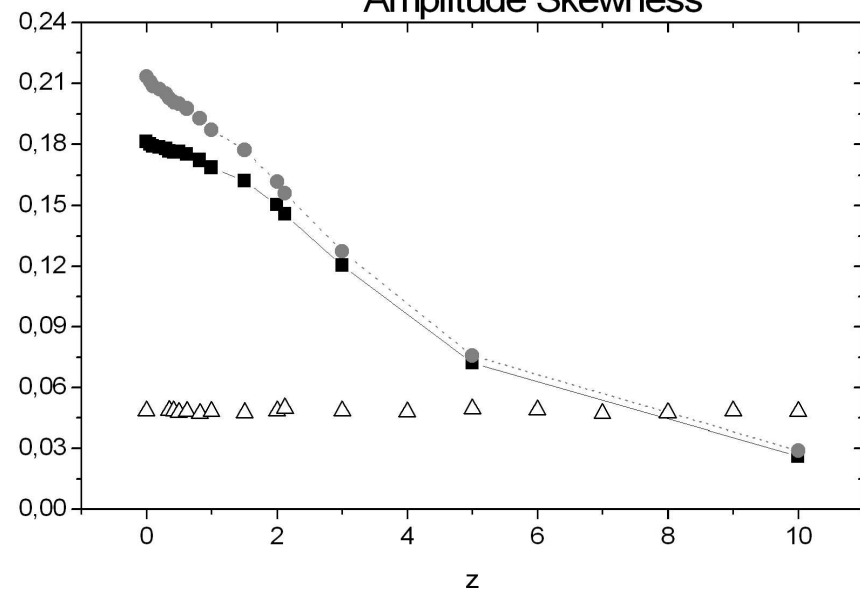
Mean Amplitude



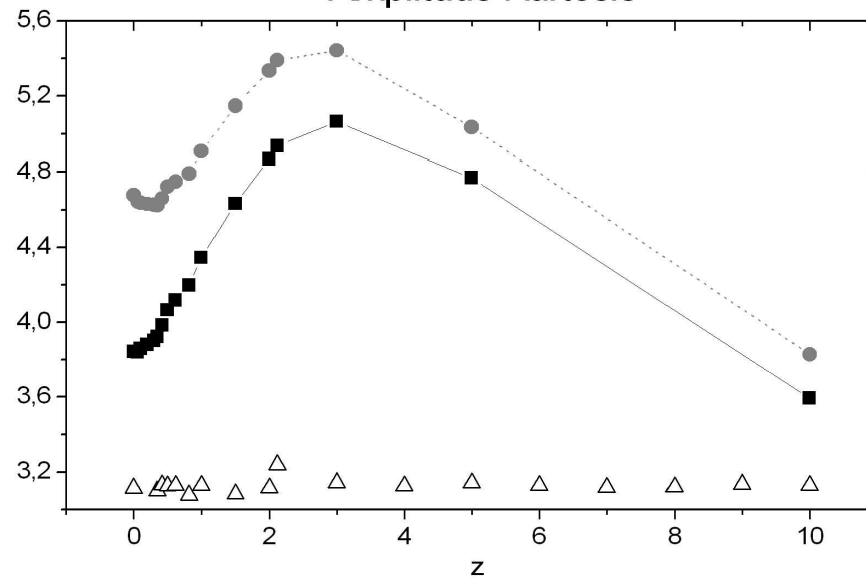
Amplitude Variance



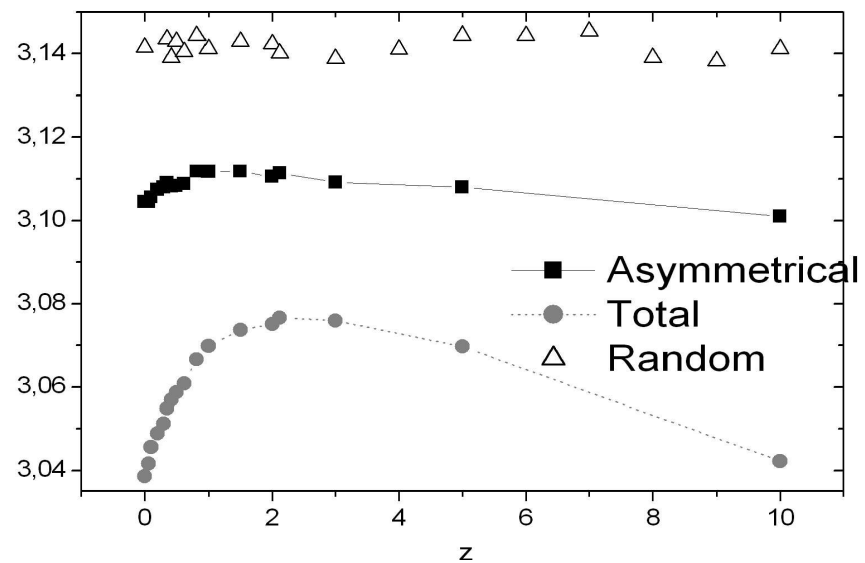
Amplitude Skewness



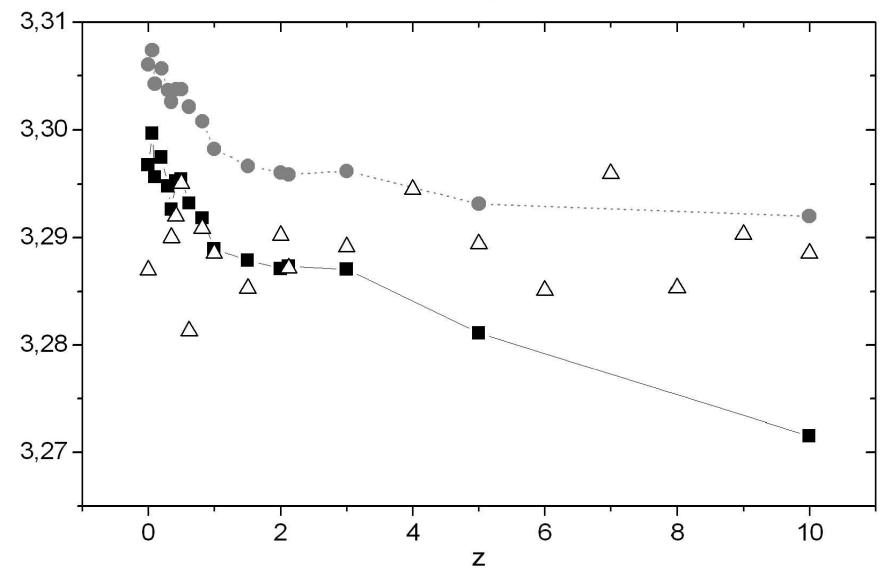
Amplitude Kurtosis



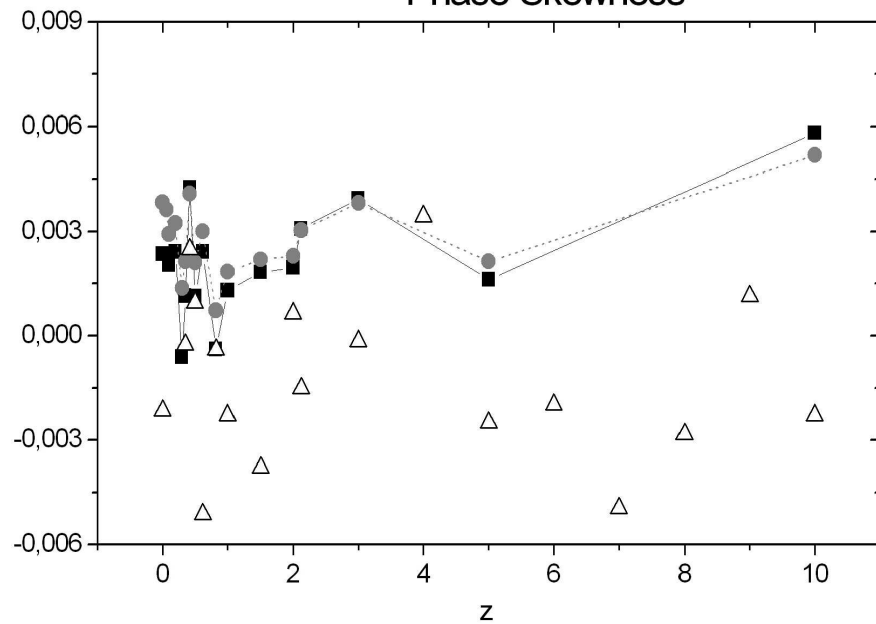
Mean Phase



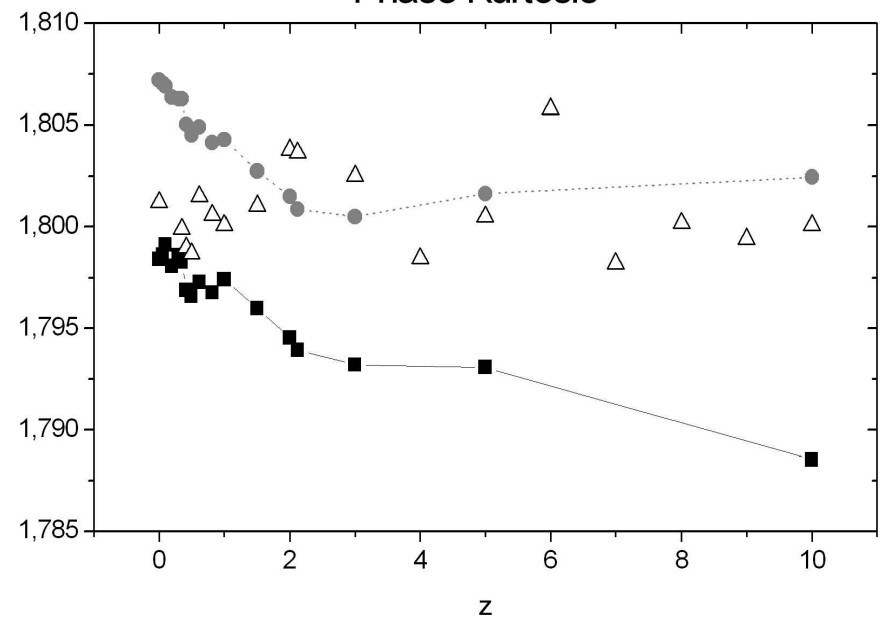
Phase Variance

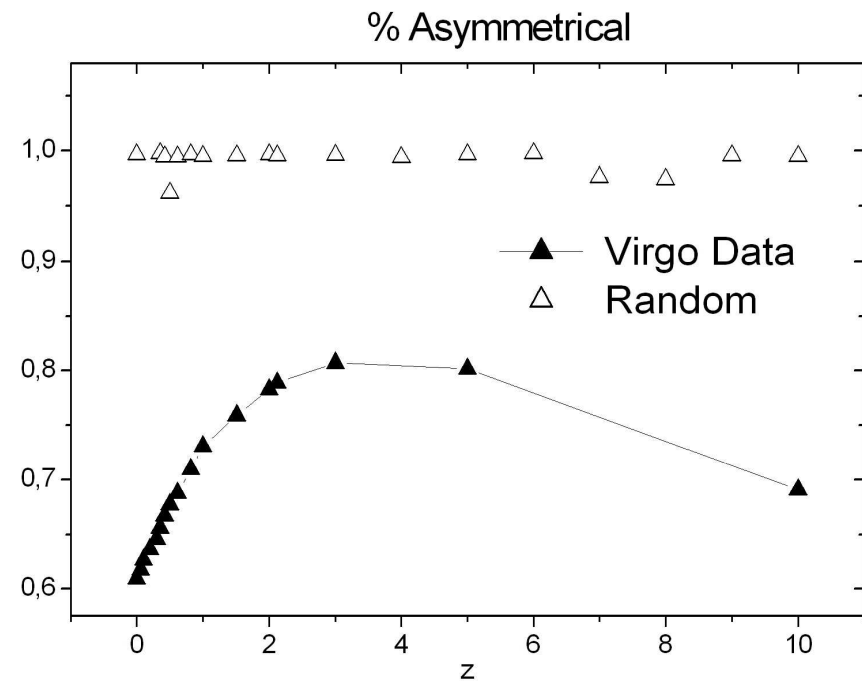
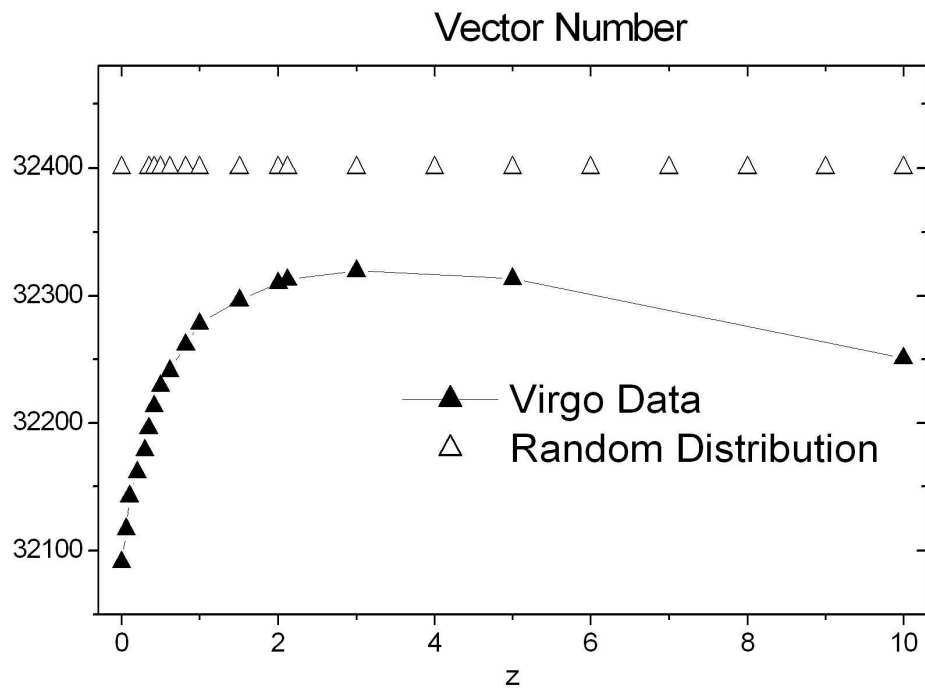
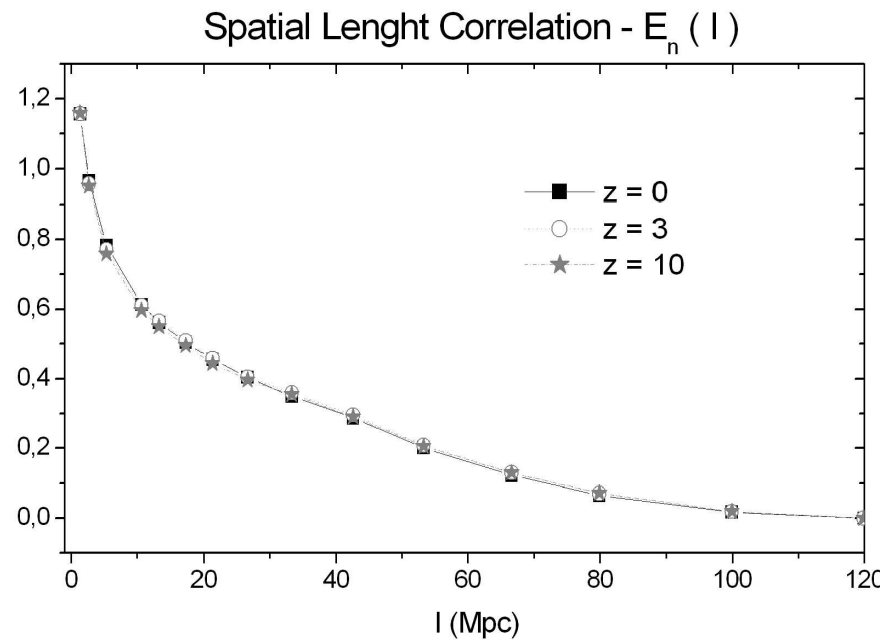
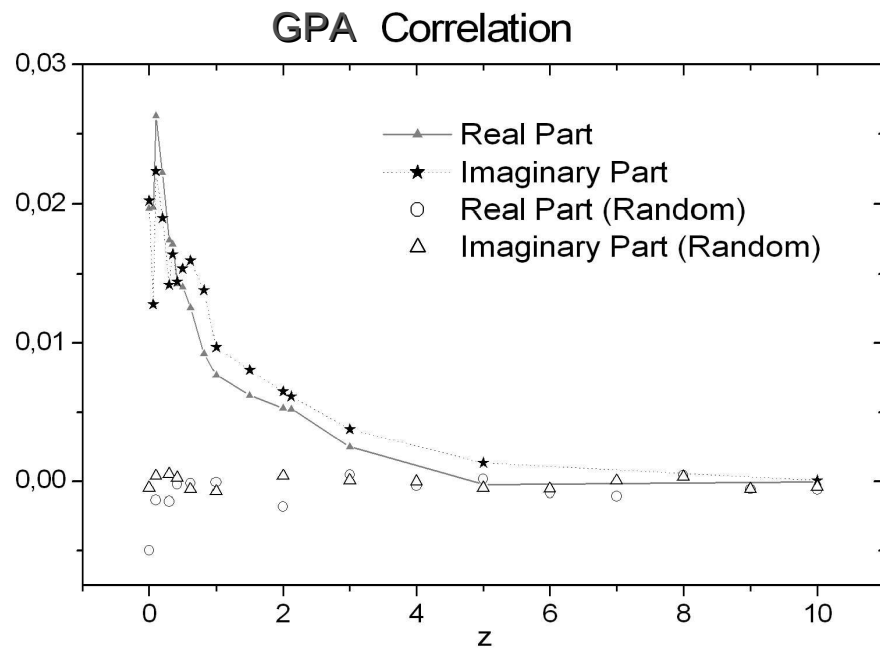


Phase Skewness

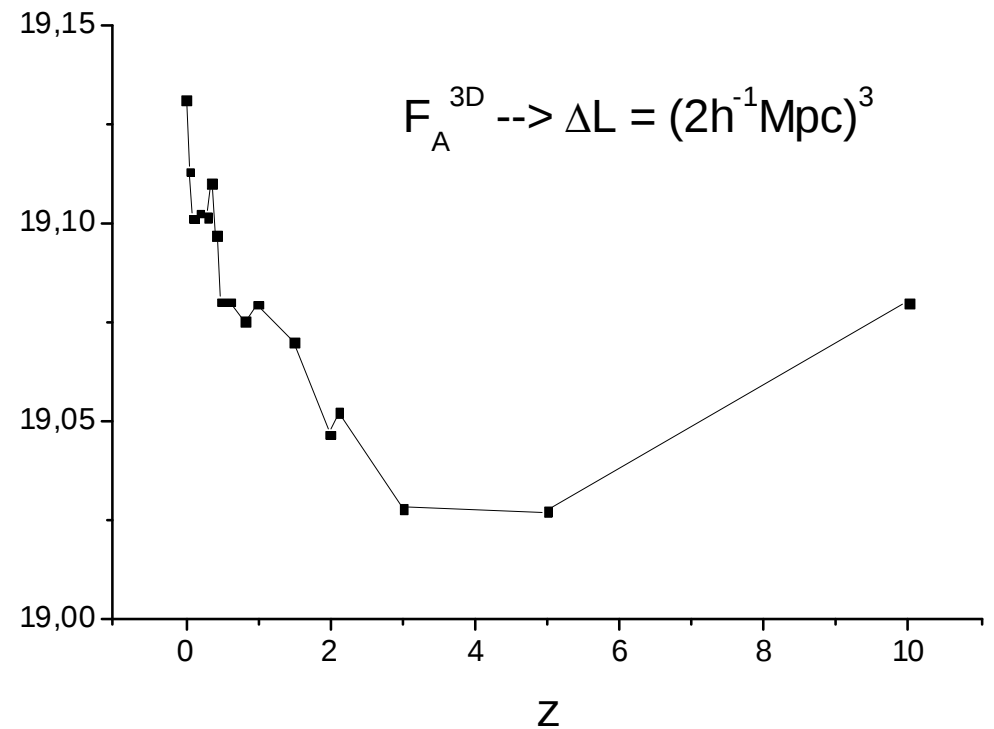
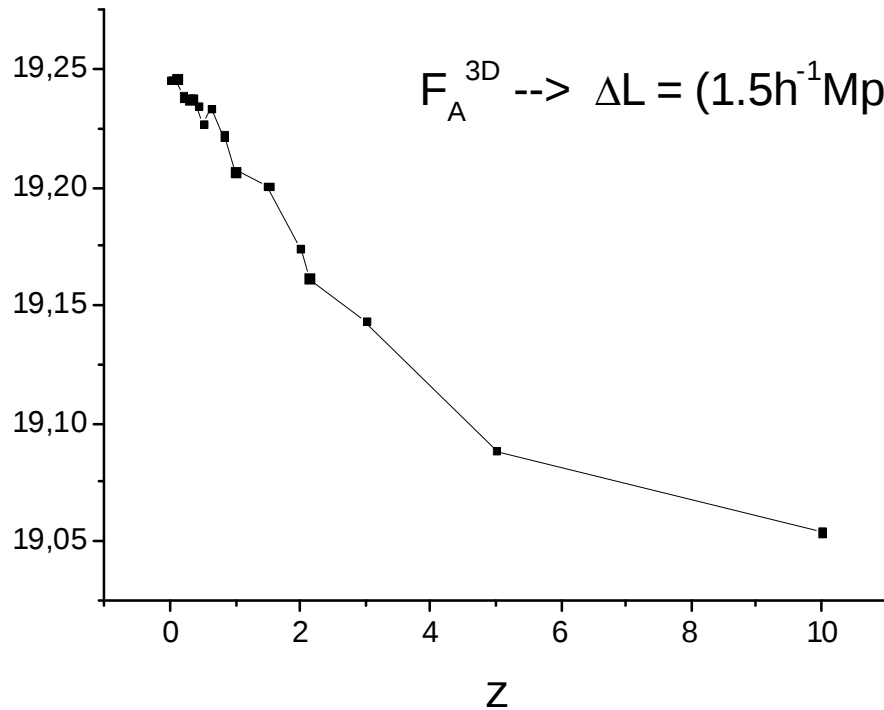


Phase Kurtosis





Main Results - F_A^{3D}



Comparação diferentes escalas
=> automatização

Desafios Técnicos

- Grande Volume de Dados

 - => densidade de objetos; campo de velocidades
(3 componentes: v_x, v_y, v_z)

- Boa resolução => **Grandes Matrizes 180^2 ; 180^3**

 - 3D => 5.832.000 elementos

 - Busca por pares ~ **10^{13} interações seqüenciais**

 - paralelizar o processo de busca

Desafios Técnicos

- Cluster LATO/FAPESB

 - => Bewoulf de 16 nós

 - Programação *MPI*

 - Divisão da Matriz => 4x mais rápido (8 nós) ~ horas caso 3D

- Ordenar a matriz em ordem crescente de normas e fases

 - (15x mais rápido)

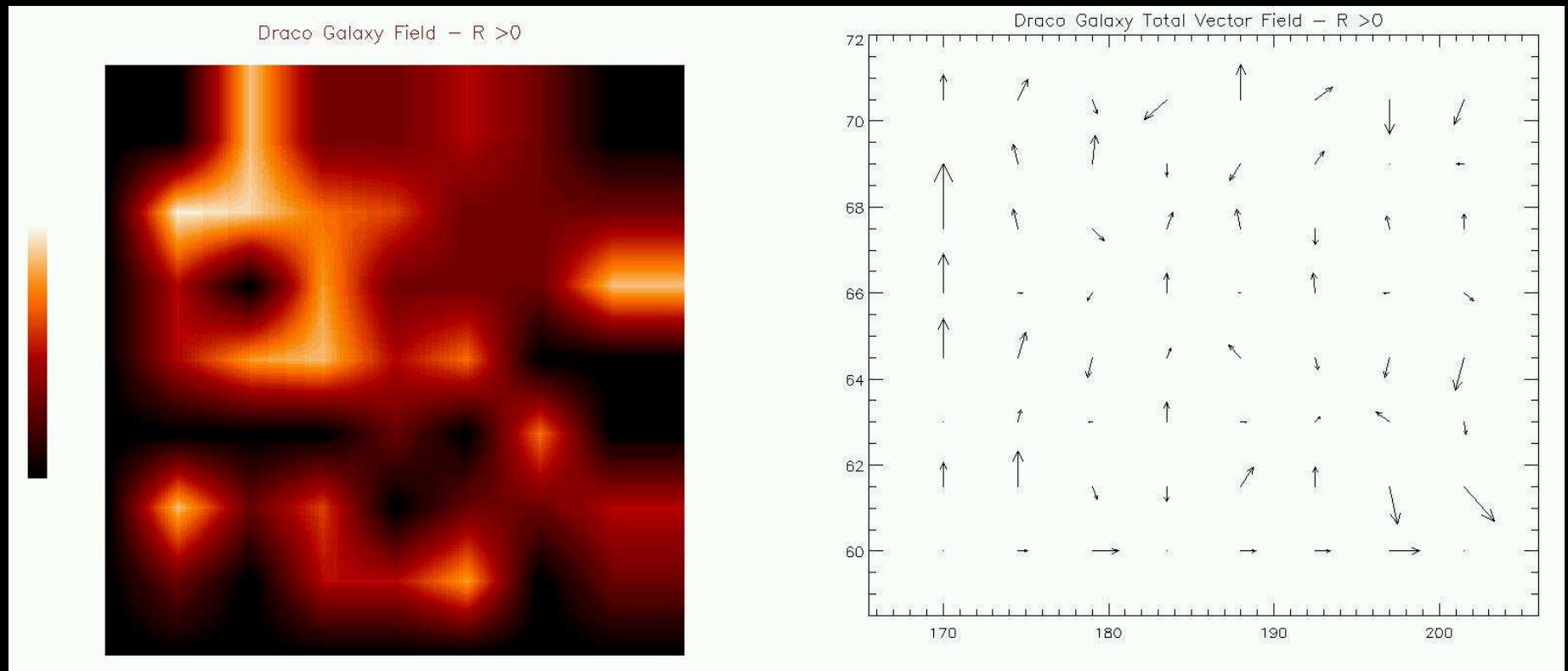
- 3D => paralelizar a versão ordenada

- Triangulação de Delanay 'consome' uma grande quantidade de memória

No Contexto do BRAVO...

- Uniformizar rotinas e automatizar o processo
 - => **ampliar rotinas** para dados observacionais
 - => levar em conta o maior número possível de **parâmetros relevantes**
 - Ex. estudo do alinhamento de galáxias em função do **ângulo de posição** ou do parâmetro de **elipcidade**
 - Análise de alinhamentos em função da **riqueza**
- Interface Gráfica => ferramentas de **visualização**
- **Comparação** com outras técnicas (ex. tesselação de Voronoi)

No Contexto do BRAVO...



much to do....

