O movimento Browniano

Observação, Análise e Simulação

O Grupo

João Alves / Pedro Castro / Daniel Ferreira / Nuno Álvares / Bárbara Azevedo

Responsável - Prof. Lopes Dos Santos

Monitor – Miguel Costa Dias

História e Introdução

- O movimento Browniano é o nome dado ao movimento aleatório de partículas num líquido ou gás como consequência dos choques das moléculas do meio nas partículas

História e Introdução

- Robert Brown, em 1827, observou no microscópio pequenos grãos de pólen suspensos em água. Percebeu também que isso acontecia igualmente com partículas inorgânicas.

- Em 1905, Albert Einstein, usando a teoria cinética dos gases, explicou quantitativamente os movimentos observados por Brown.

- Jean Perrin realizou um conjunto de experiências que se revelaram uma comprovação fiel das investigações feitas por Einstein, e que lhe permitiram medir o número de Avogadro. Este trabalho valeu-lhe um prémio Nobel em 1926.

Objectivos do trabalho

- Observar e gravar o comportamento das micro-esferas em suspensão, utilizando um microscópio ligado a uma placa de captura de vídeo.
- Interpretar o resultado obtido das observações previamente realizadas.
- Simular o movimento das partículas com um programa realizado em *Python*.

Objectivos do trabalho

- Medir, usando as gravações, o deslocamento quadrático médio das micro-esferas em função do tempo. Este processo permitiu-nos medir a constante de Boltzmann utilizando a célebre equação de Einstein:

$$\langle R^2 \rangle = \frac{4k_BT}{6 \qquad r} t$$

$\langle R^2 \rangle$ −¿ Deslocamento quadrático médio

k_B −¿ Constante de Boltzmann

T −¿ Temperatura

−¿ Viscosidade da água

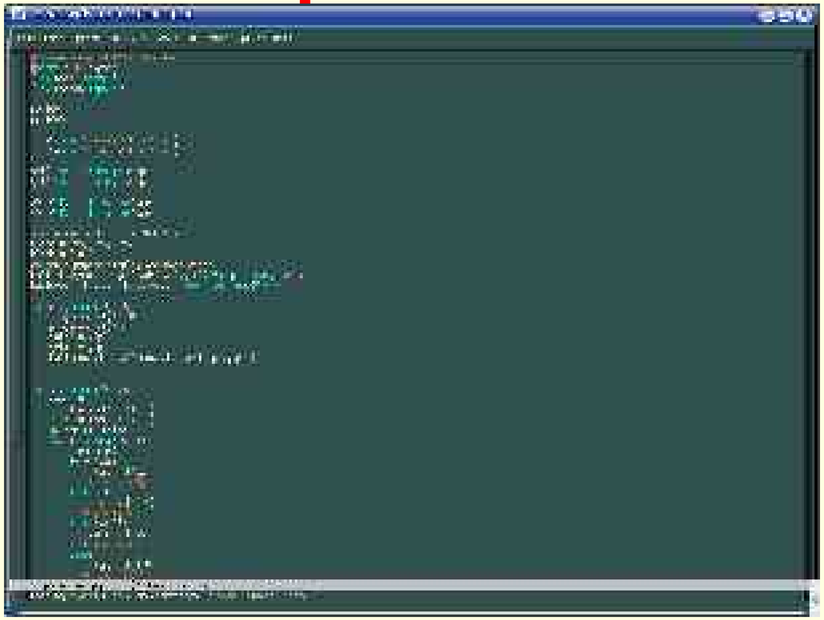
r −¿ Raio das partículas

t - > Tempo

Procedimentos

Laboratoriais

Computacionais



Laboratoriais

Observação do movimento das micro-esferas

- Utilizando o microscópio, observamos e capturamos em vídeo o movimento Browniano realizado, neste caso, por micro-esferas de látex em suspensão.

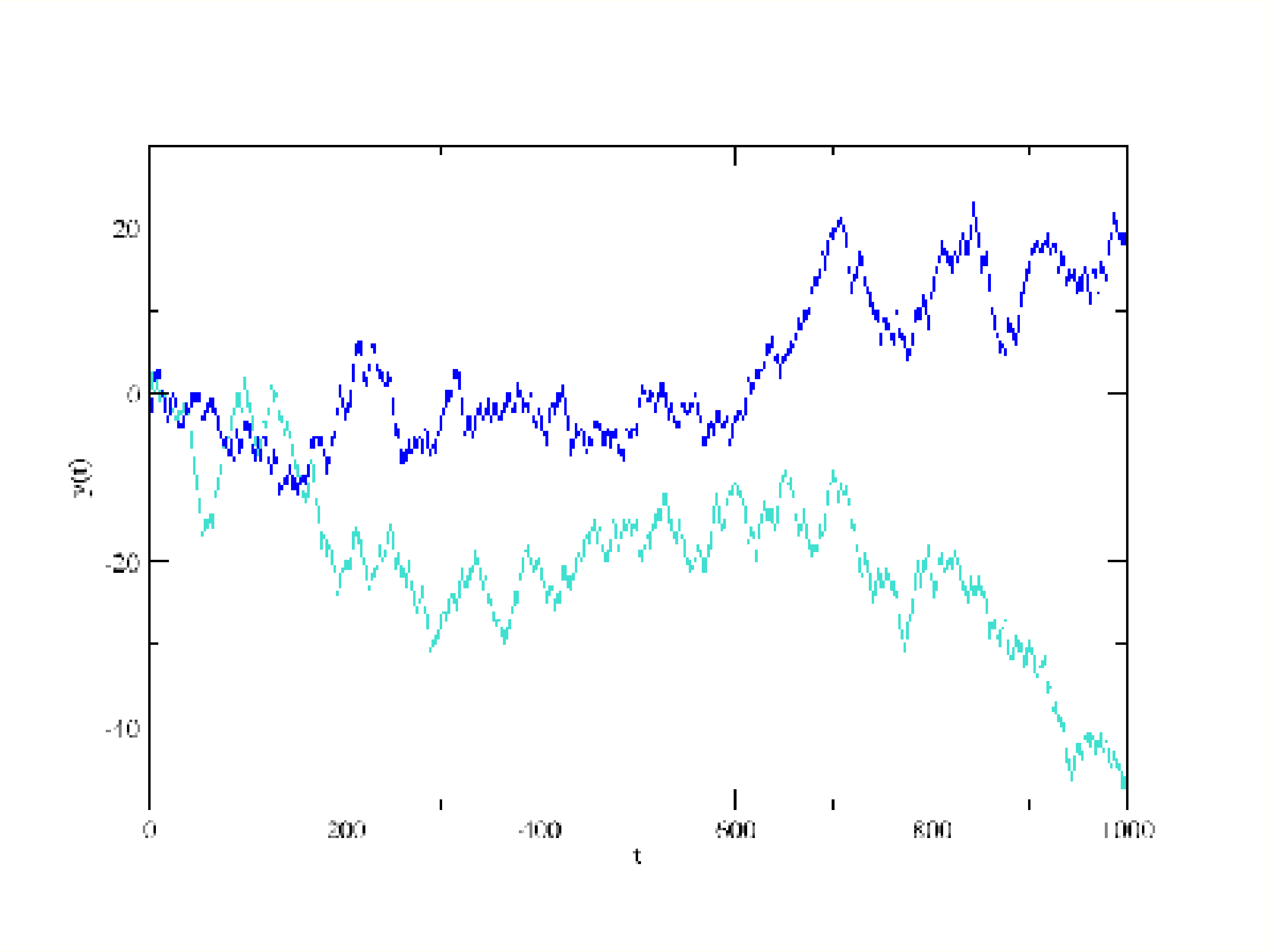
Laboratoriais

Computacionais

- Em Python, escrevemos um programa que simulava um passeio aleatório, inicialmente a uma e posteriormente a duas dimensões. Este programa movia hipotéticas partículas aleatoriamente, ou conforme uma probabilidade por nós definida, permitindo-nos depois visualizar este movimento e verificar, através dos dados registados pelo programa, que o desvio quadrático médio é proporcional ao número de passos.

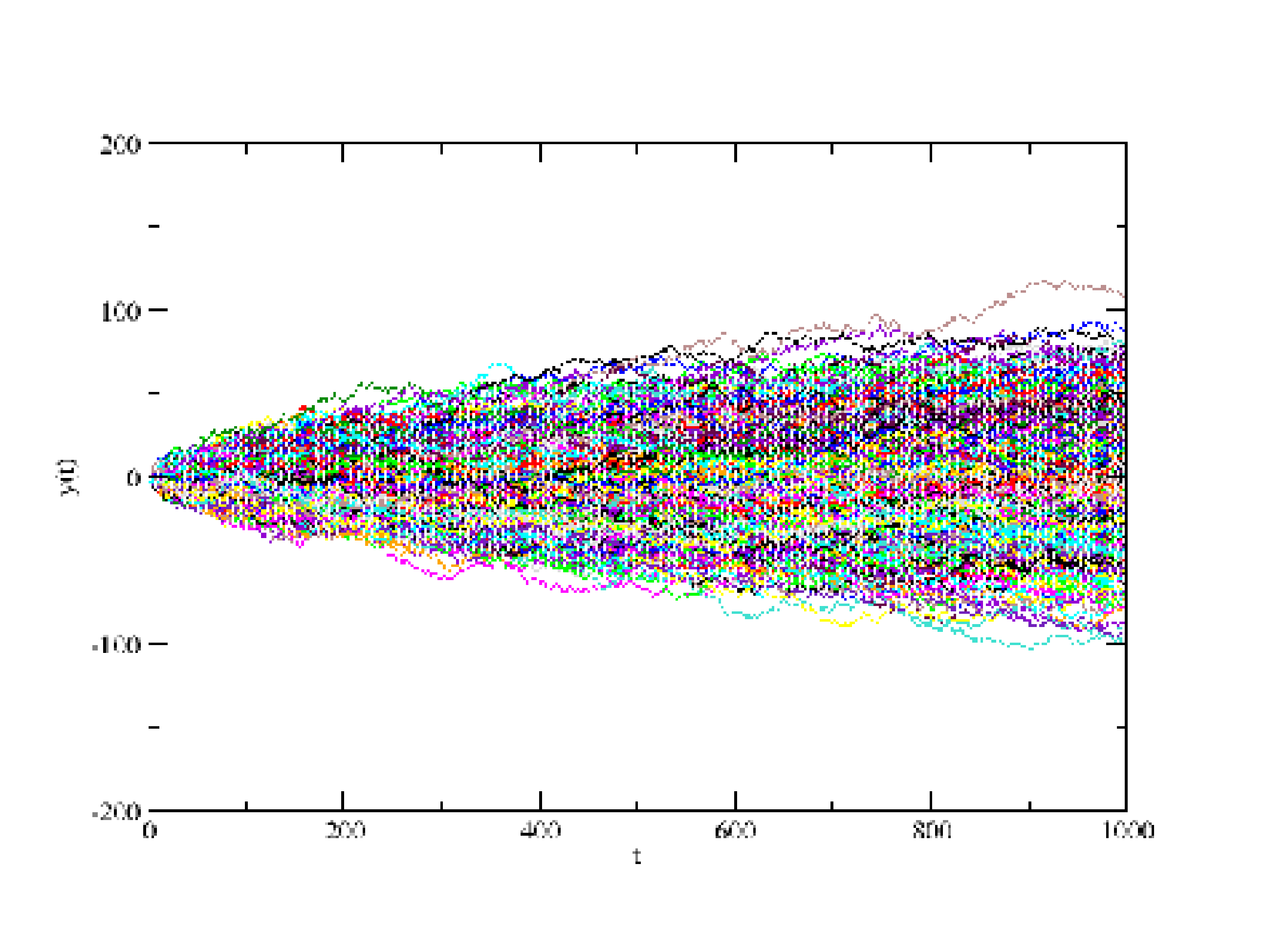
Computacionais

Gráfico de 2 partículas a uma dimensão



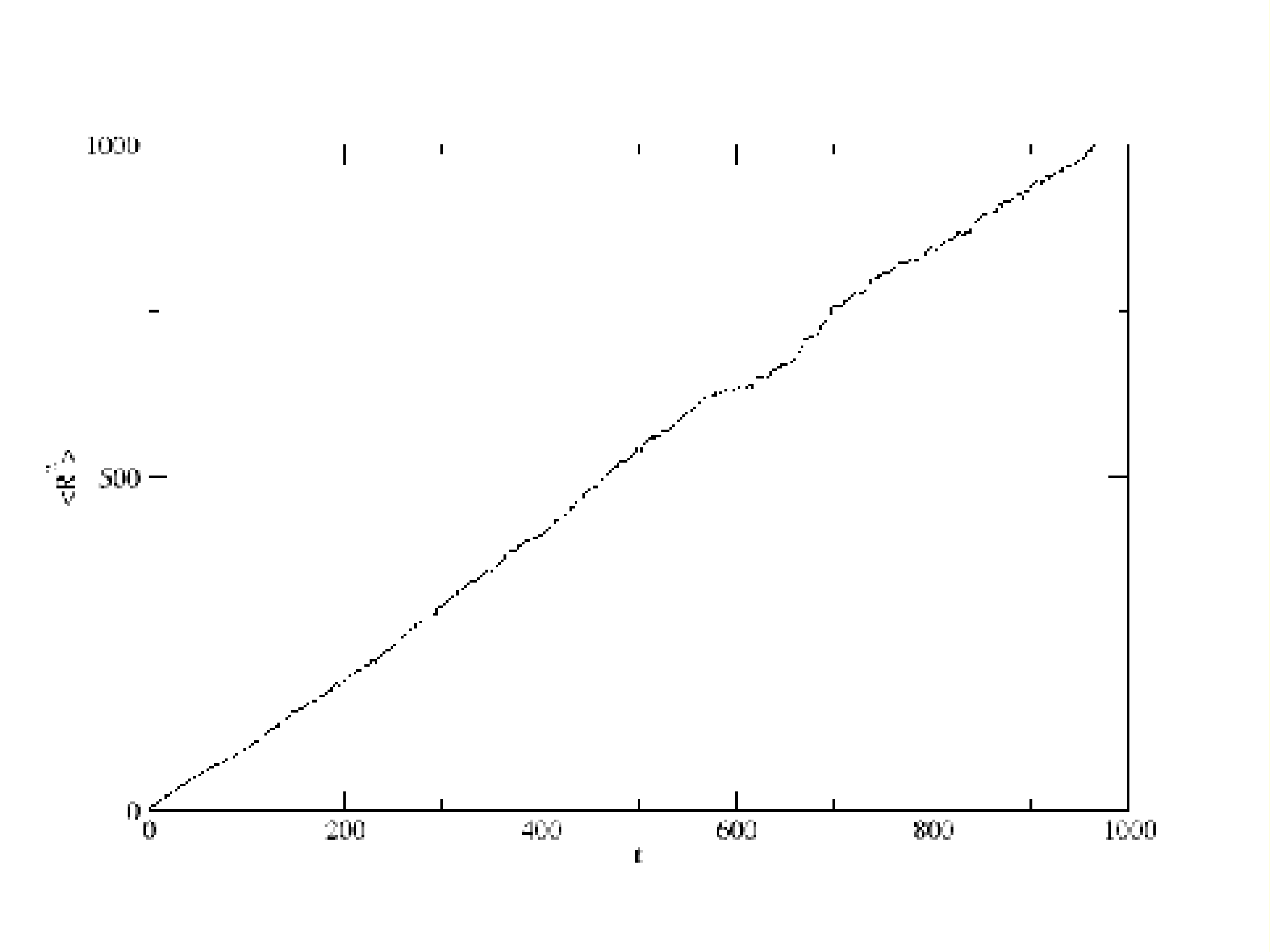
Computacionais

Gráfico de 1000 partículas a 1 dimensão



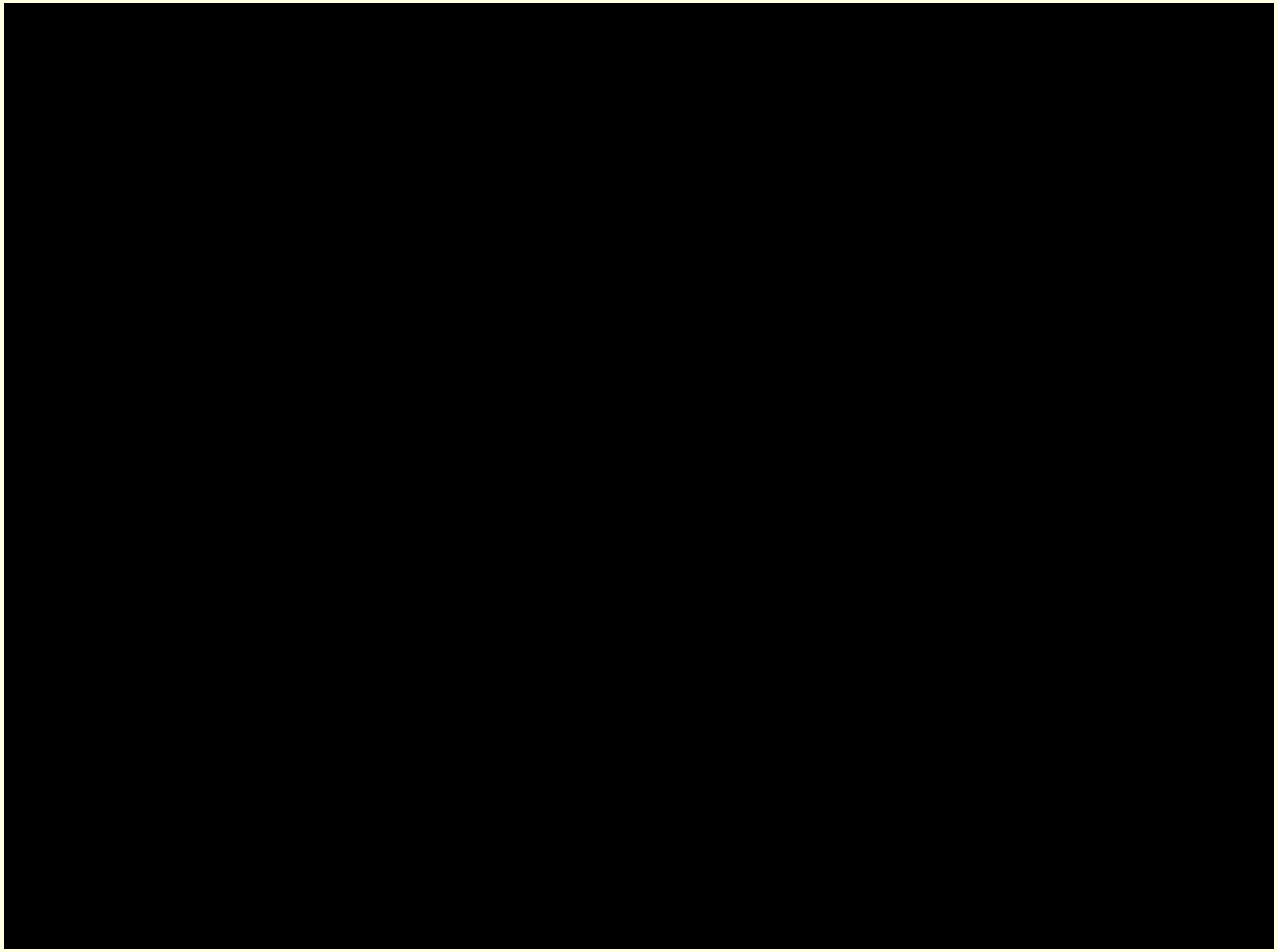
Computacionais

Desvio quadrático médio em função do nº de passos



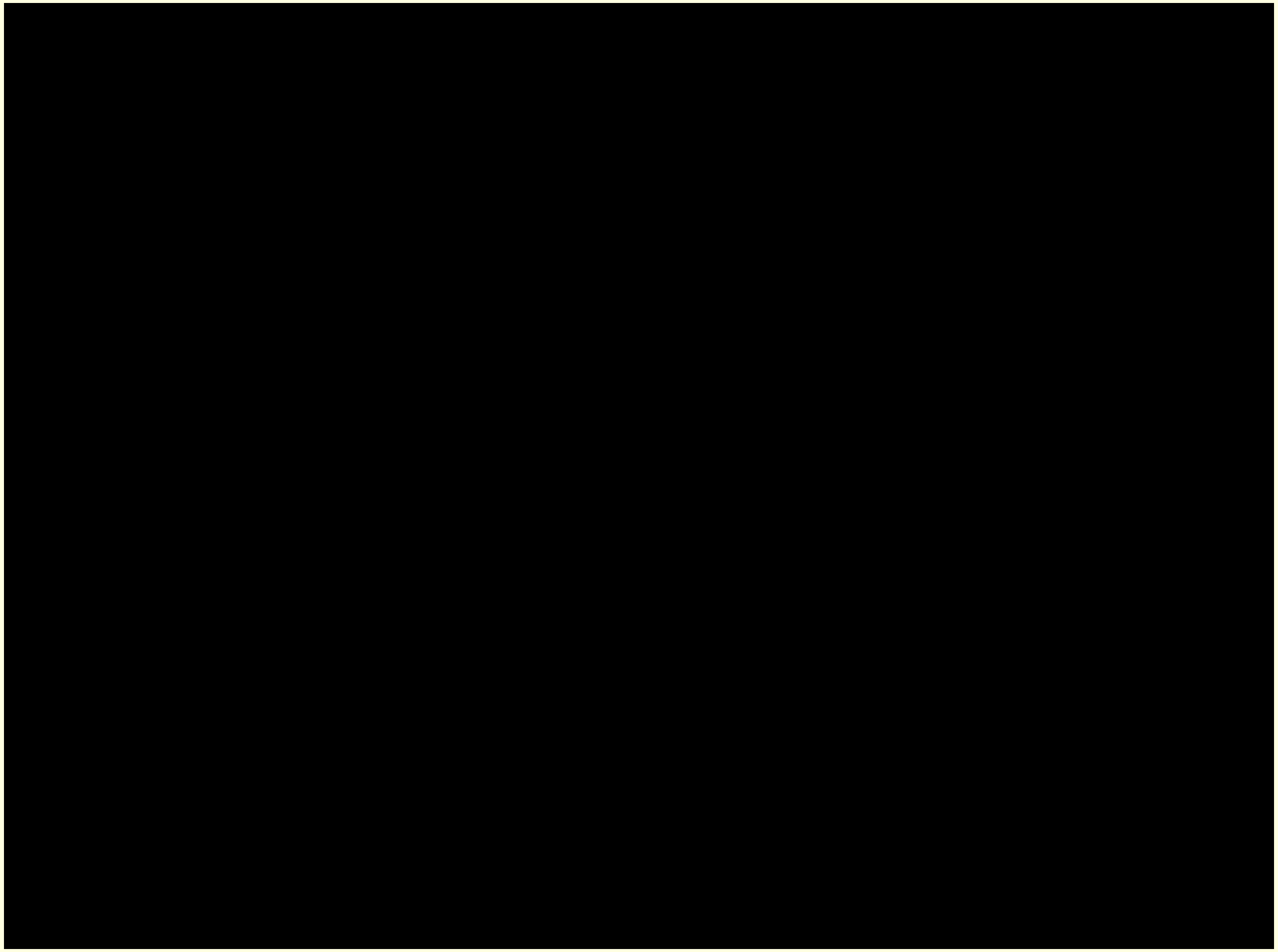
Computacionais

1 partícula



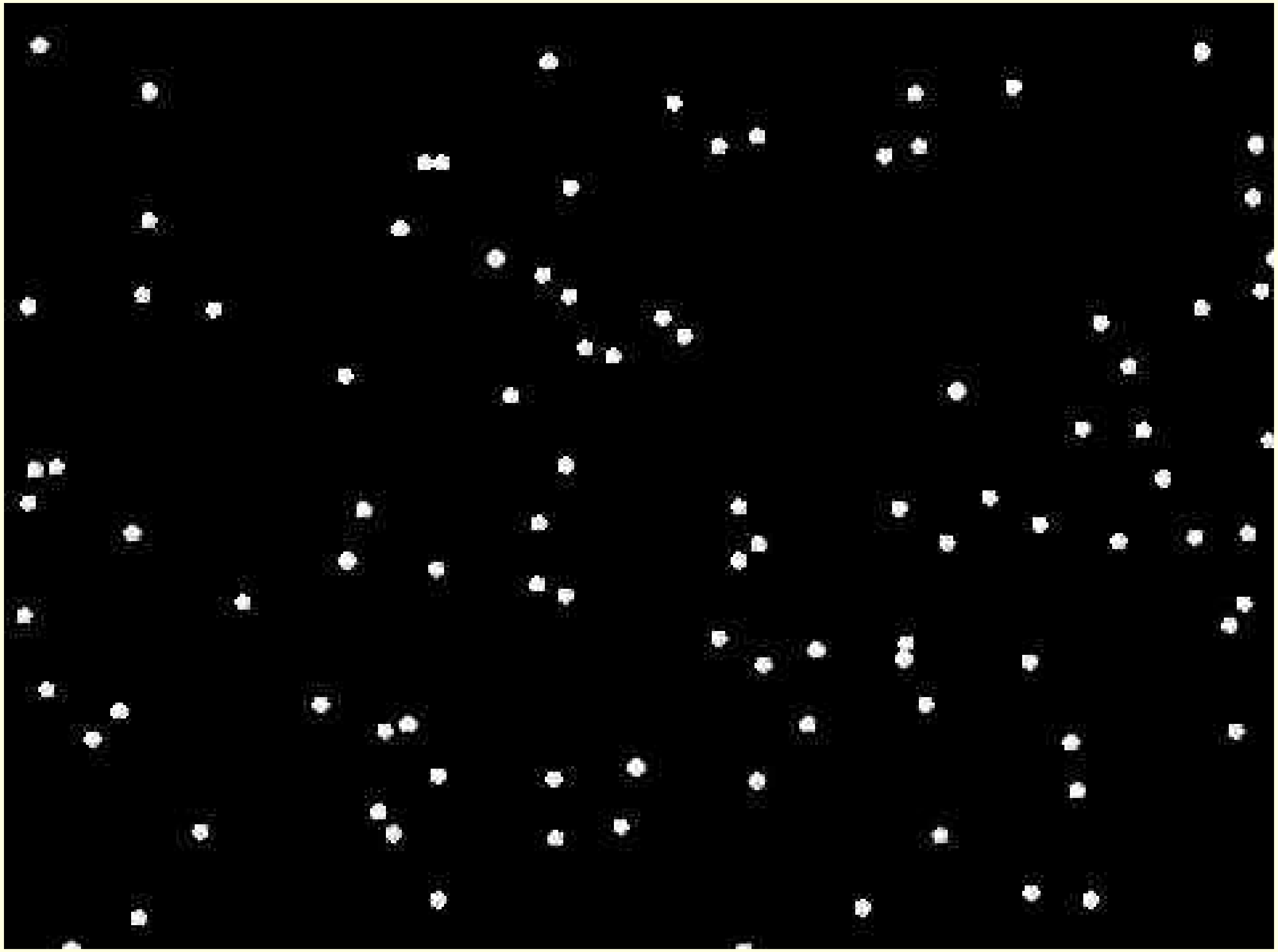
Computacionais

1 partícula de 1000 em 1000 passos



Computacionais

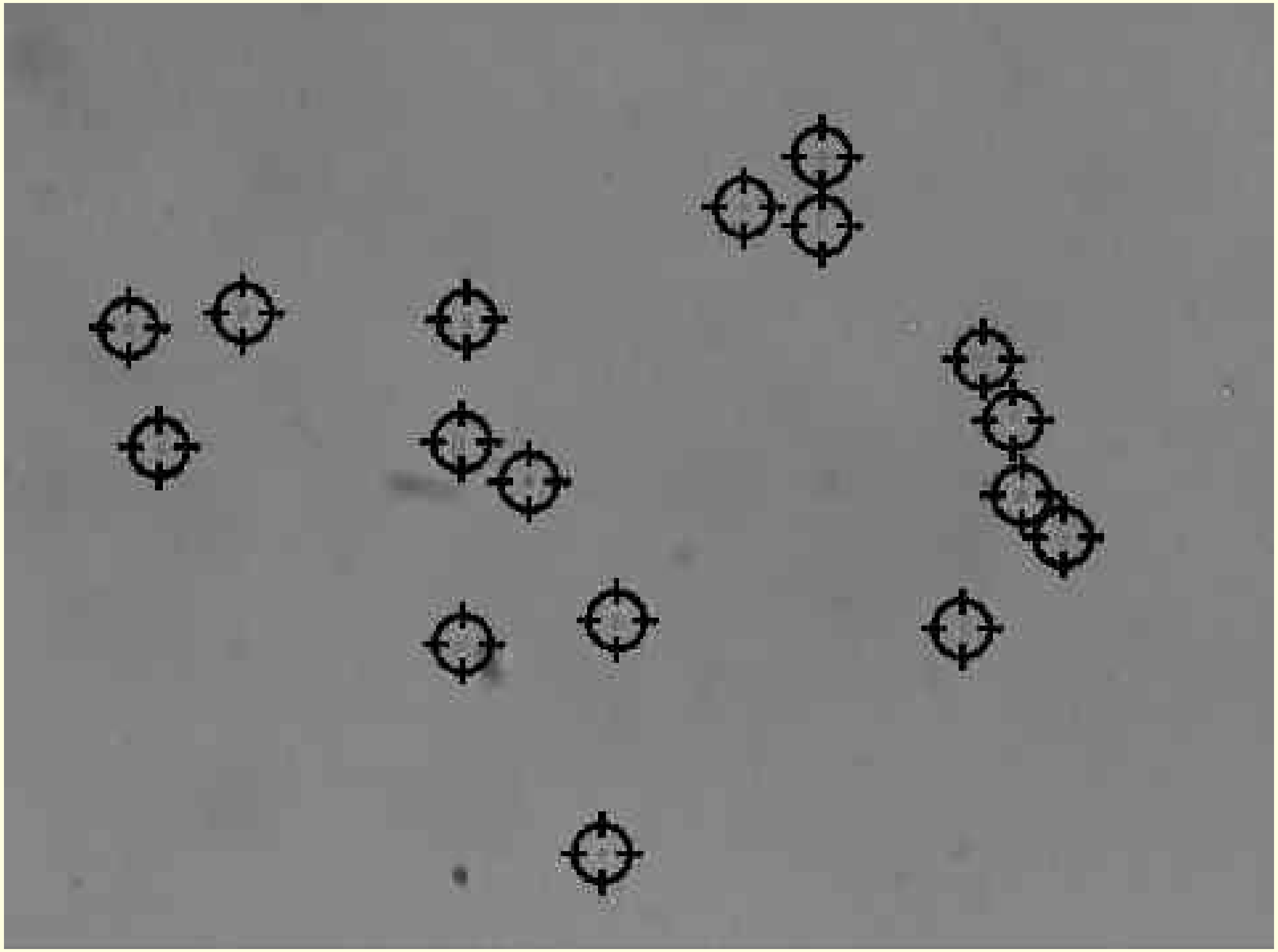
Muitas partículas



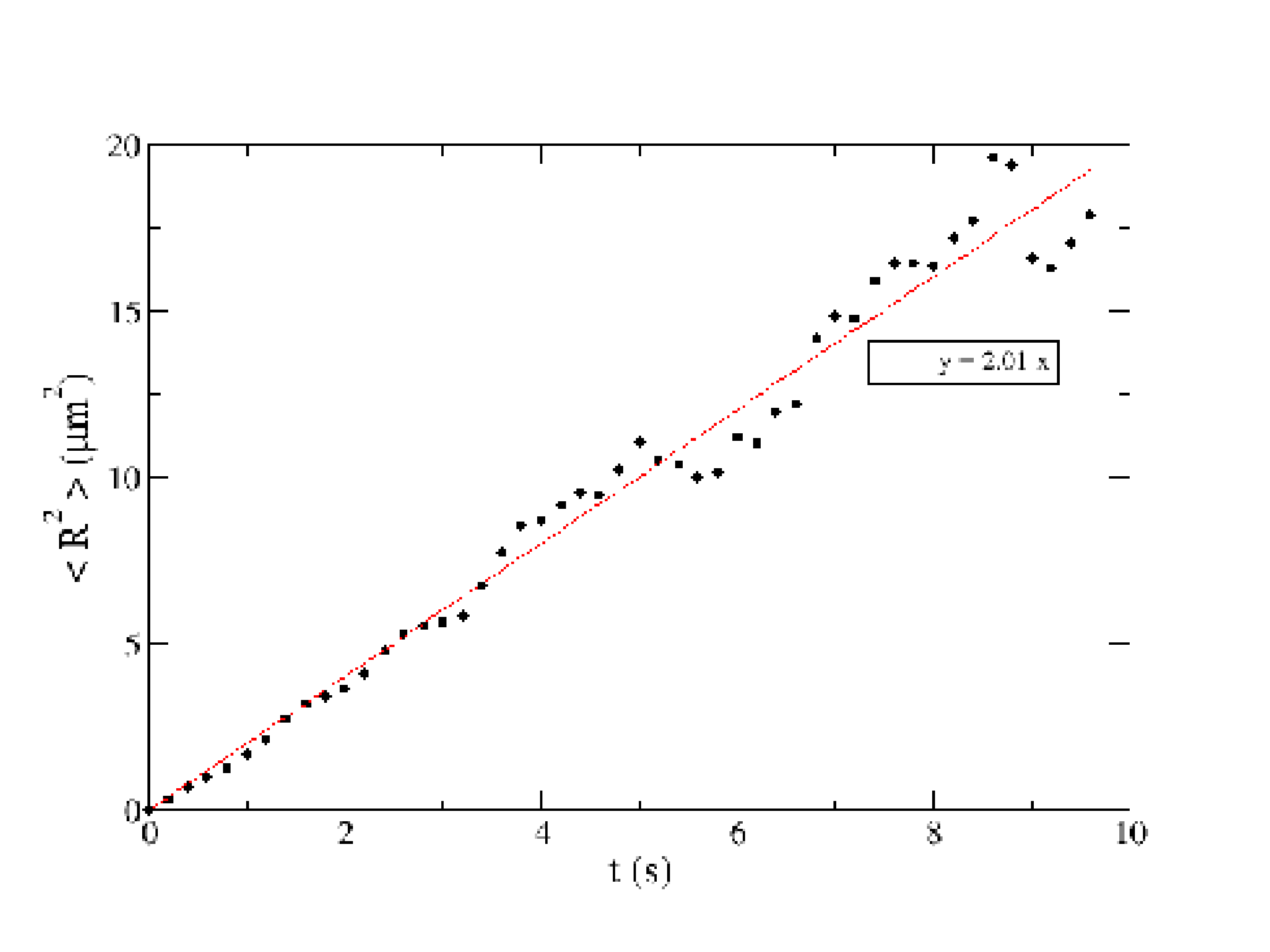
Análise dos vídeos

- Um script capaz de identificar o movimento das micro-esferas existentes nas nossas gravações foi utilizado para extrair as posições das partículas, o que nos permitiu representar graficamente o desvio quadrático médio em função do tempo.

Análise dos vídeos



Análise dos vídeos



Cálculos

- Utilizando a expressão que se segue, calculamos a constante de Boltzmann (k_B), para cada gravação efectuada.

$$k_B = \frac{6 \qquad r}{4T} m,$$

onde m é o declive da melhor recta

Cálculos

$m = 2{,}01\ \ m^{2} s^{-1}$ $\quad = 891 \quad Pa.s \quad$ $T = 298{,}15\,K$

$k = \dfrac{6 \qquad r}{4T}\,2{,}01$ <=> $k = \dfrac{6 \qquad 891\times 0{,}5}{4\times 298{,}15}\,2{,}01$ <=>

$k = 14{,}15\ \ m^{3}. \quad Pa.K^{-1}$ <=> $k = 1{,}415\times 10^{-23}\ J.K^{-1}$

Erro relativo $= \dfrac{1{,}42 - 1{,}38}{1{,}38} = 0{,}029 = 2{,}9$

Conclusão

Este projecto de investigação, além de nos proporcionar bons momentos, permitiu-nos conhecer mais sobre o movimento Browniano e muitas outras coisas.

Para finalizar, gostaríamos de agradecer ao Miguel pela sua paciência e dedicação

FIM