



# Desenvolvimento de tecnologia criogênica para o LIGO Voyager: experimento em Stanford

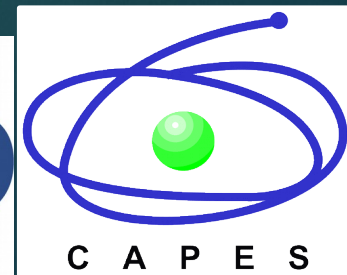
Marcio Constancio Jr.

Orientador: Odylio Denys de Aguiar

Colaborações: Brett Shapiro, Edgard Bonilla e Brian Lantz

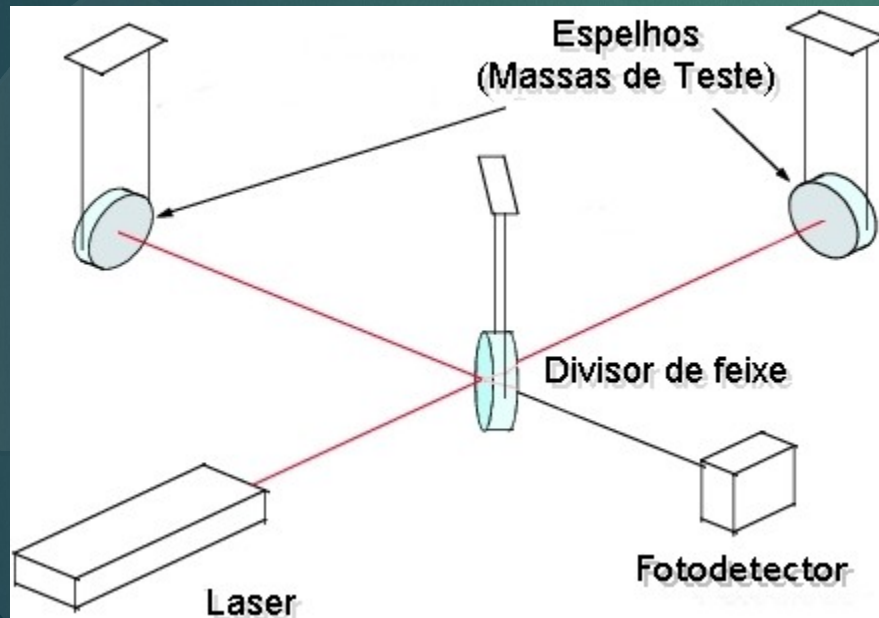


Apoio:

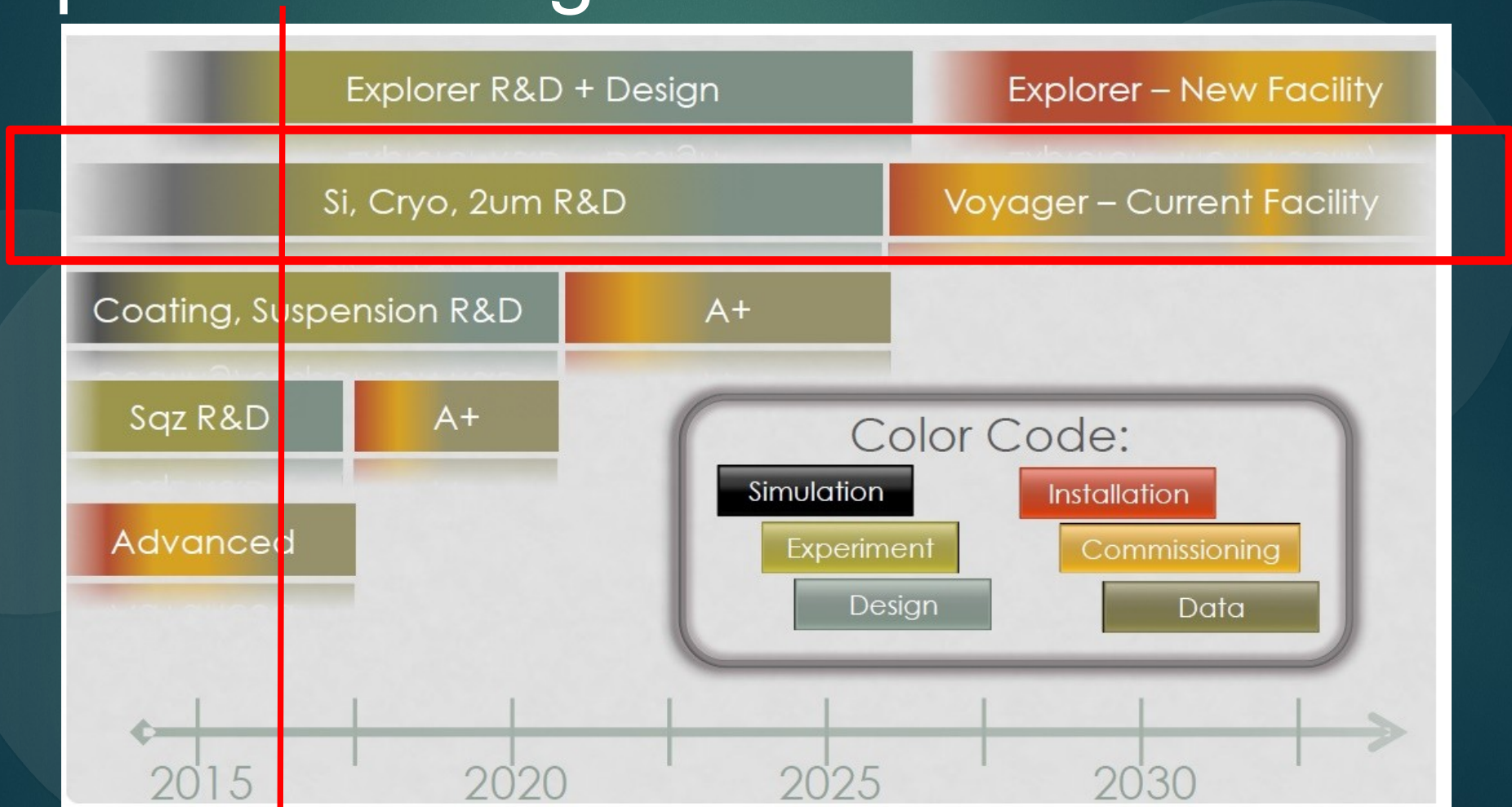


# LIGO

- Laser Interferometer Gravitational-Wave;
- Hanford (Washington) e Livingstone (Louisiana) – Braços de  $\approx 4$  Km;
- Interferômetro de Michelson;



# Ondas gravitacionais detectadas. O que vem a seguir?



# LIGO Voyager

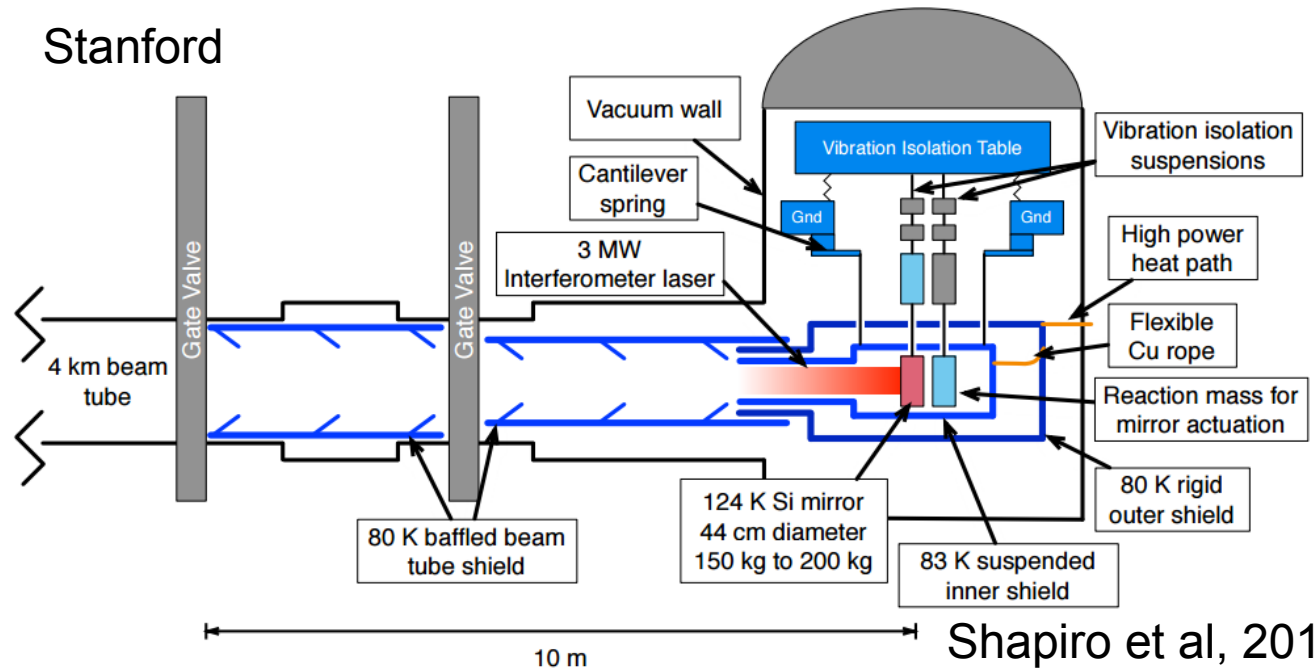
- Detector Criogênico @ 124 K;
  - Massas de testes de Silício (140 kg a 200 kg);
  - Instalações atuais do LIGO Avançado;
- 
- Desafio:
  - Como resfriar sem fazer grandes alterações no sistema de vácuo?

# LIGO Voyager

- Detector Criogênico @ 124 K;
- Massas de testes de Silício (140 kg a 200 kg);
- Instalações atuais do LIGO Avançado;
  
- Desafio:
  - Como resfriar sem fazer grandes alterações no sistema de vácuo?
  - R: Usar escudos térmicos que mantenham o ambiente criogênico ao redor das massas de teste;

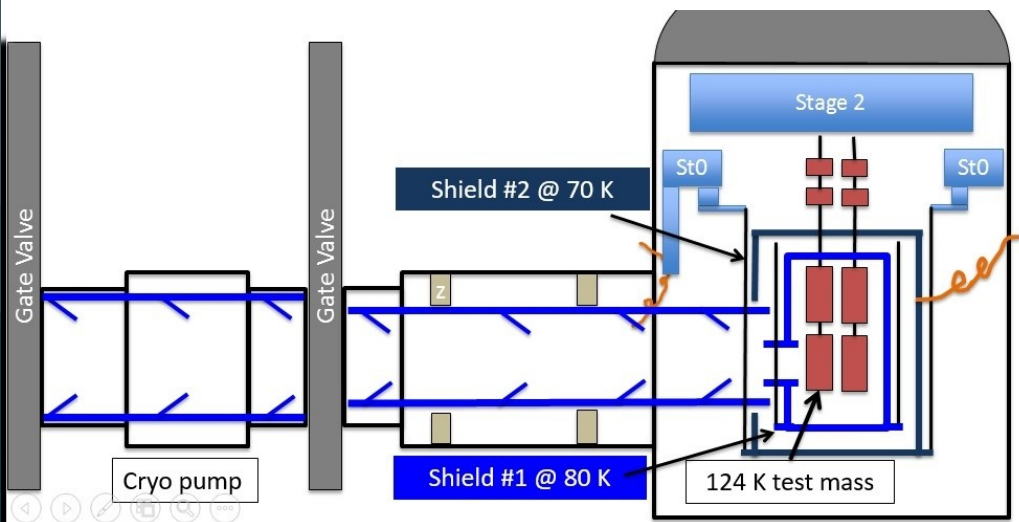
# Diferentes abordagens

## Stanford



Shapiro et al, 2017

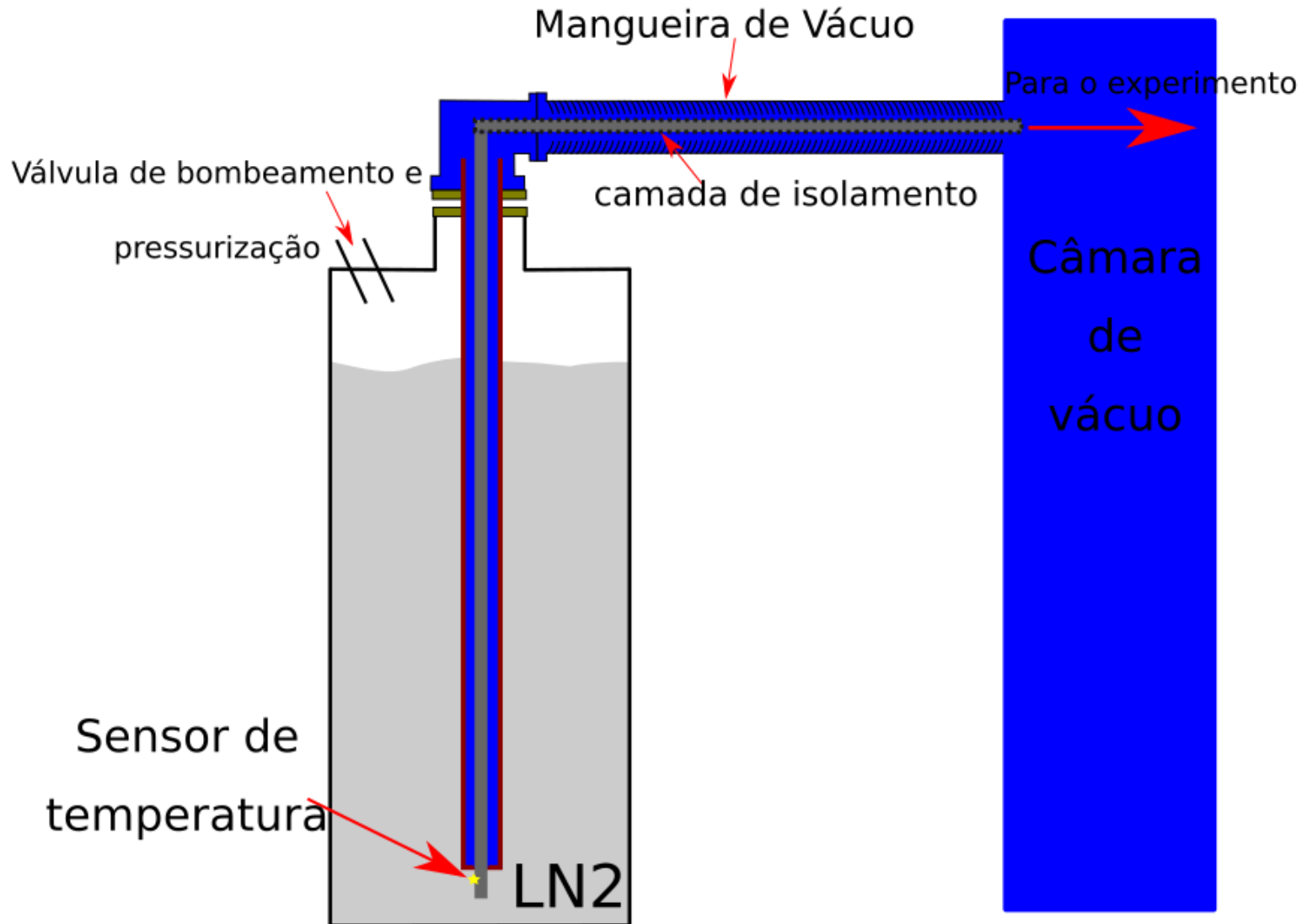
## GWINPE



# Problemas com a abordagem

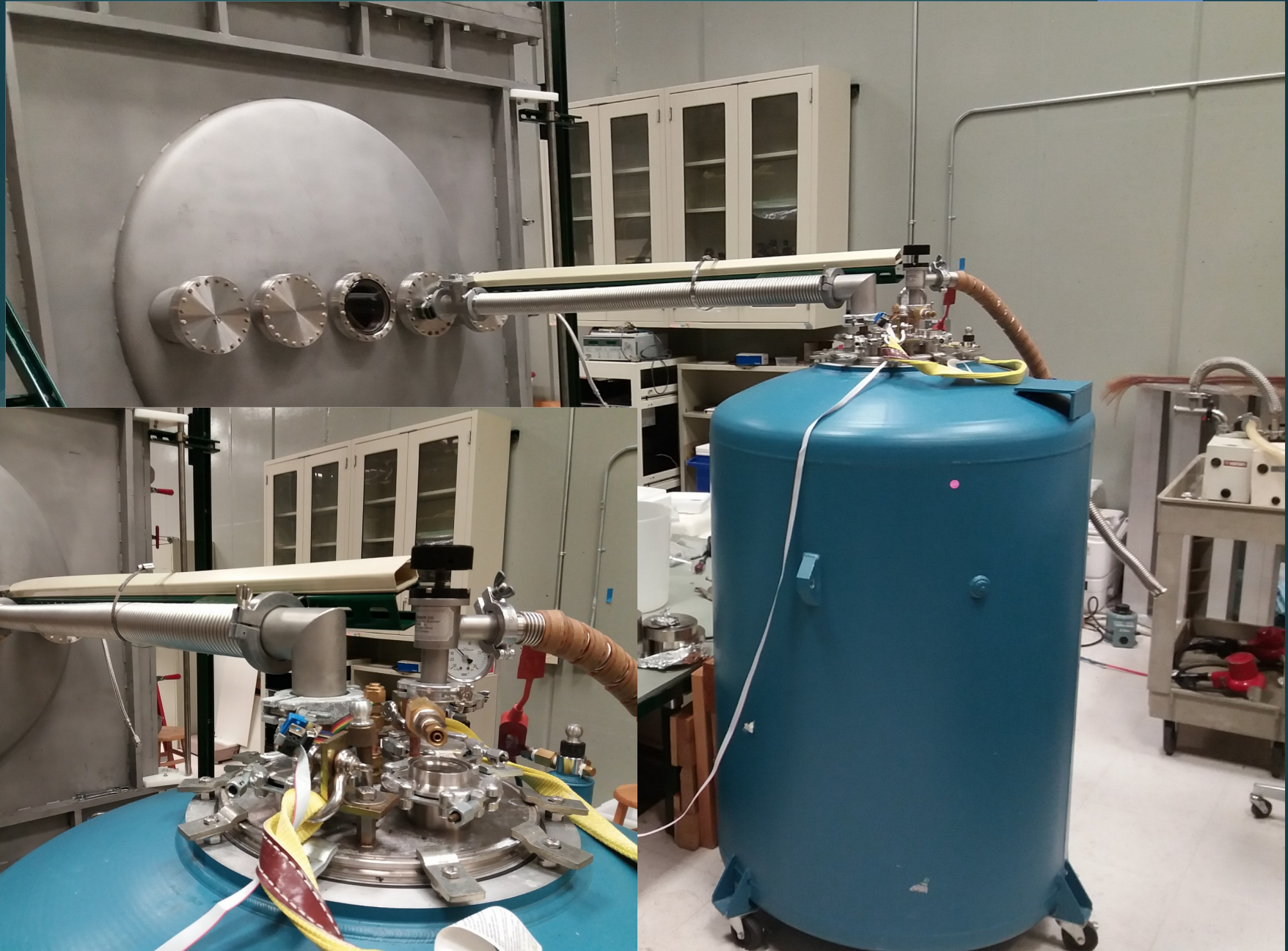
- Bolhas geradas pela vaporização do líquido que passa pelas serpentinas causa flutuações de densidades que podem causar ruído Newtoniano (Bonilla, E. 2017 – technical Note LIGO);
- Ruído Newtoniano: Forças à distância causadas pela existência de massa. Distribuições não uniformes de massa impossibilitam conhecer o efeito de tal ruído;
- Alternativa: Circular líquido à temperatura inferior a do ponto de ebulição normal do LN2 (77,3 K ou -195,8 °C)

# Experimento

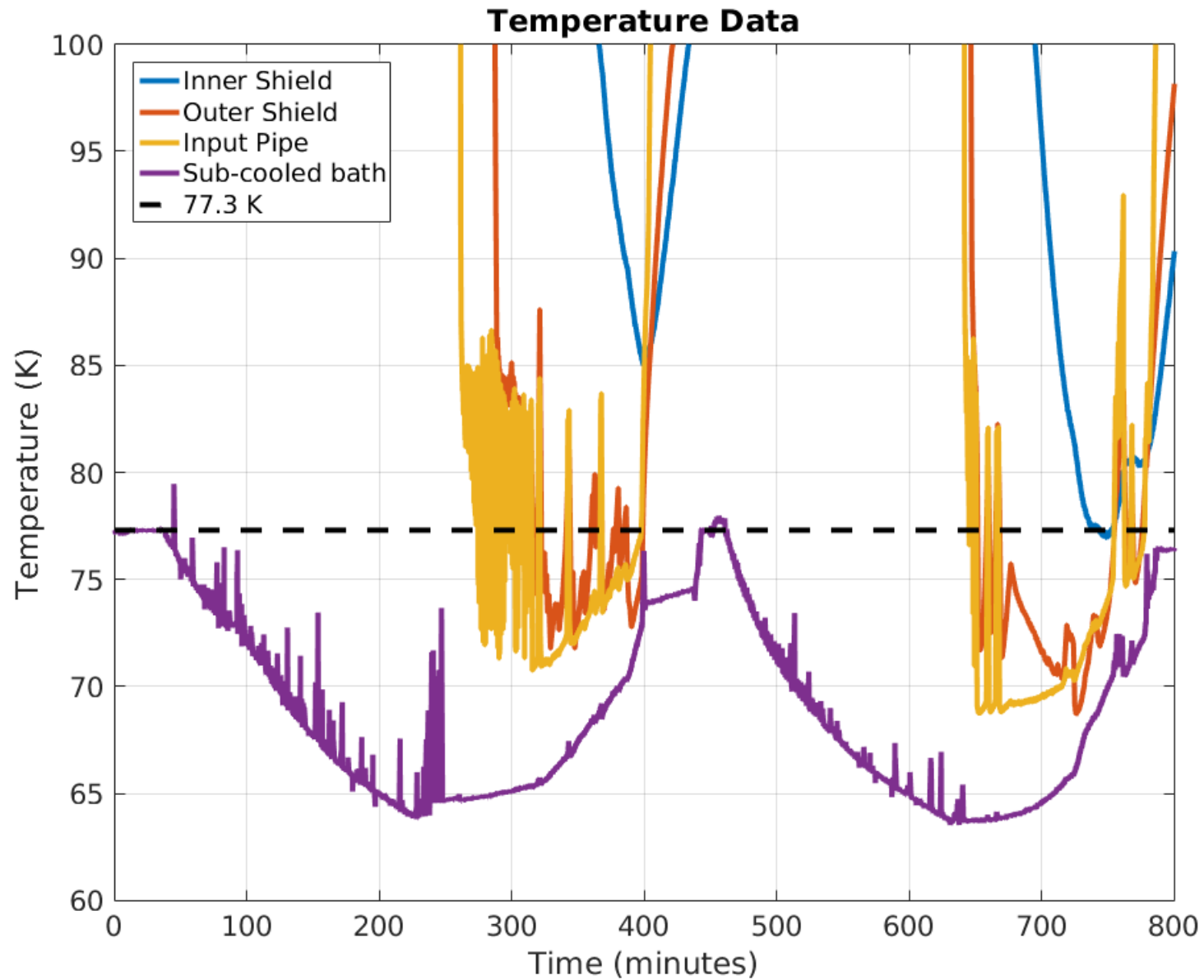




# Esperimento



# Esperimento

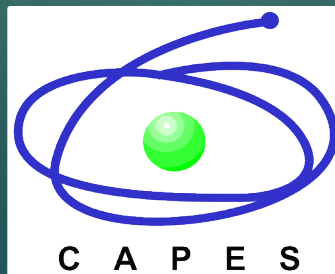


# Resultados

- É possível transferir líquido sub-resfriado através do escudo térmico externo abaixo do ponto de ebulição normal; Isso minimizaria os efeitos do ruído Newtoniano na massa de teste devido à formação de bolhas;
- 
- É preciso ainda mensurar a formação de bolhas na região do escudo termico (Sugestão: Usar um seguimento de tubo transparente e uma especie de dispositivo capacitivo para medir o a razão bolha/líquido;
- 
- Fazer testes para avaliar por quanto tempo seria possível manter o escudo sendo resfriado com líquido abaixo da temperatura normal de ebulição;
-

# Obrigado!

Apoio:



# Slides extras

# A primeira detecção de ondas gravitacionais

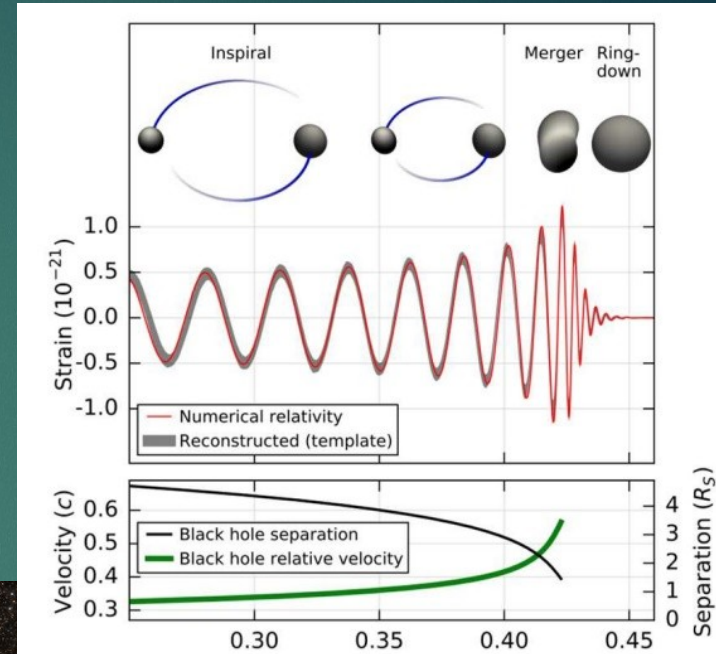
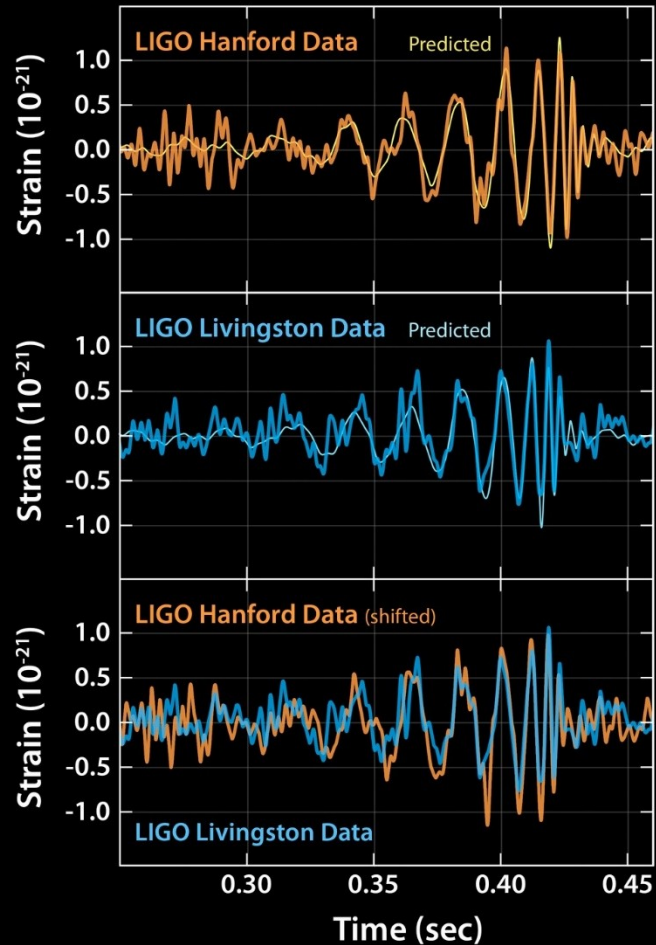


Image Credit: SXS, the Simulating eXtreme Spacetimes (SXS) project (<http://www.black-holes.org>)