Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas - CERPCH – UNIFEI

Linhas de Pesquisa

CERPCH
Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas

CERPCH - UNIFEI

- Equipe:
  - Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho
  - Prof. Dr. Alessandro Luvizon Bergamo
  - Prof. Dr. Ramiro Gustavo Ramirez Camacho
  - Prof. Dr. Angelo José Junqueira Rezek

  - Almir Luiz Rodrigues
  - MSc. Antônio Carlos Barkett Botan
  - MSc. Camila Rocha Galhardo
  - MSc. Laura Dardot Campello
  - Luiza Fortes Miranda
  - Pedro Augusto Costa

Linhas Pesquisas do CERPCH no INEOF

- Linhas de Pesquisa do CERPCH no INEOF:
  - Canal de ondas
  - Gerador de polos oscilantes
  - Hidrocinética
  - Maremotriz

Canal de ondas

Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho

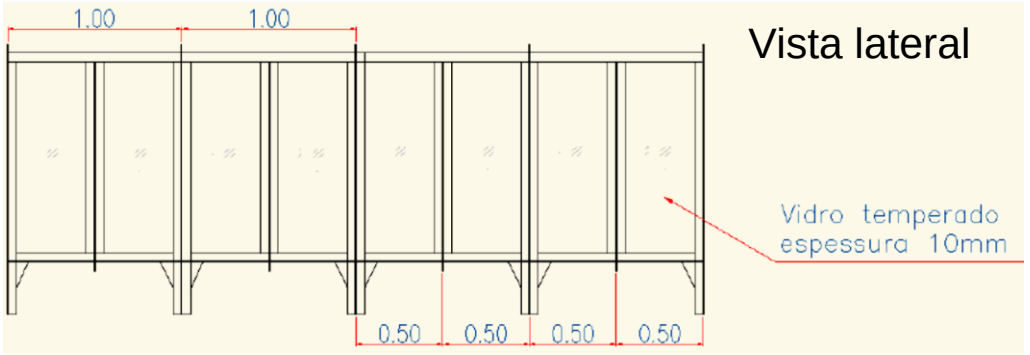
Prof. Dr. Alessandro Luvizon Bérgamo

I WORKSHOP DE ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS 2018

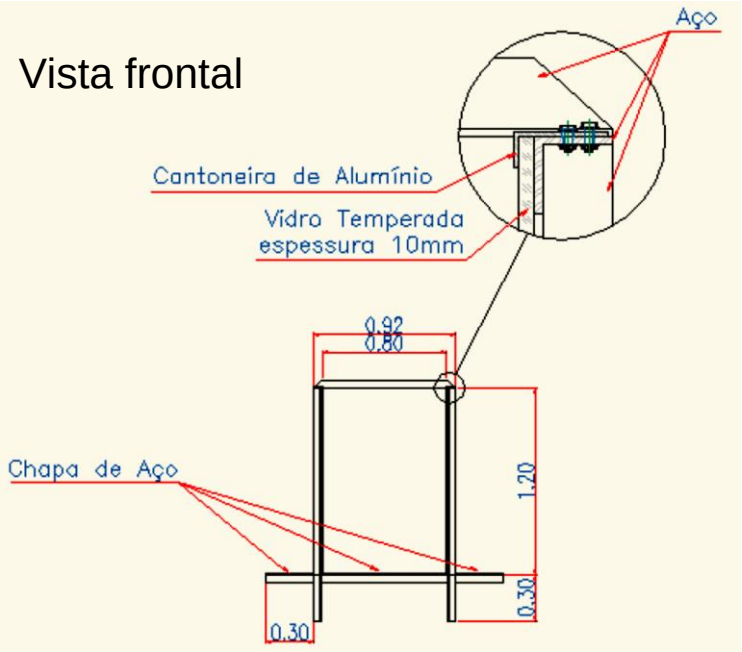
REALIZAÇÃO: INCOF INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS

LABORATÓRIO DE ONDAS HIDRÁULICAS - IRN UNIFEI

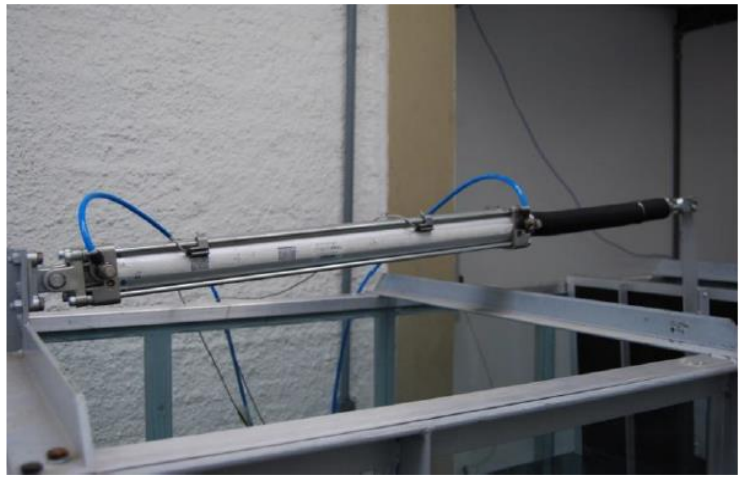
Matéria exibida em 19/11/2010, Jornal da EPTV. Primeiro Laboratório de Ondas Hidráulicas do Estado de Minas Gerais, instalado na UNIFEI e idealizado pelo Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho.



- 24 metros de comprimento
- 0,80 metros de largura
- 1,20 metros de profundidade

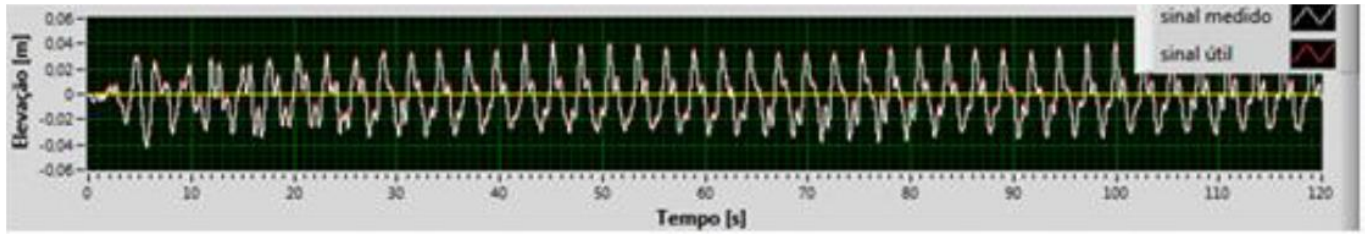


LABORATÓRIO DE ONDAS HIDRÁULICAS - IRN UNIFEI



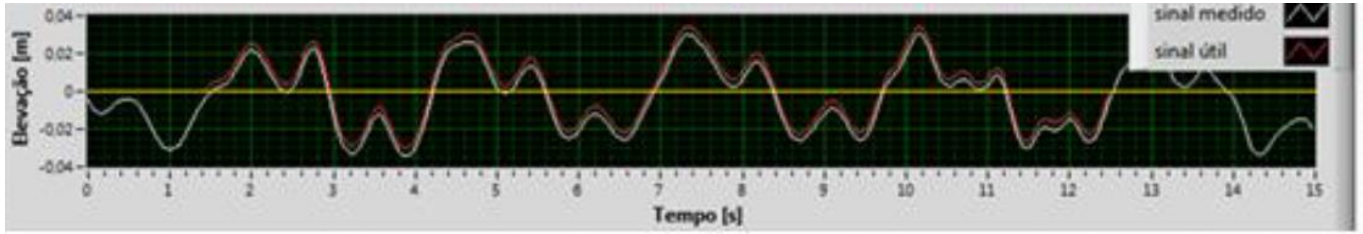
Sistema gerador tipo Flap (placa basculante)

Sistema Absorvedor articulado (4,4 m)



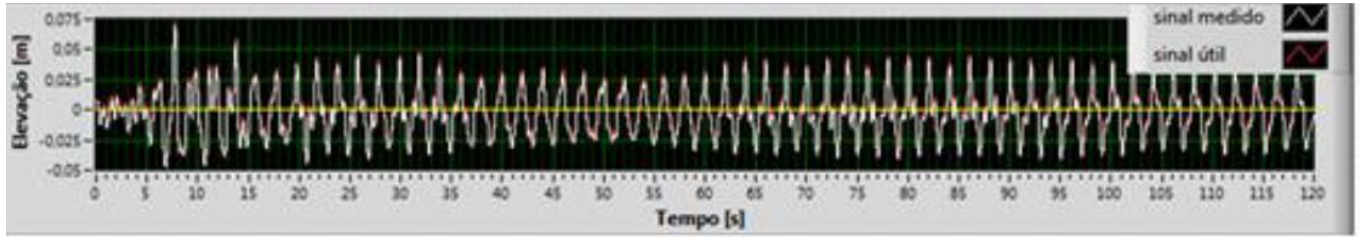
S5P3 – Hs=0,057 ; T=2,77s.

Completa



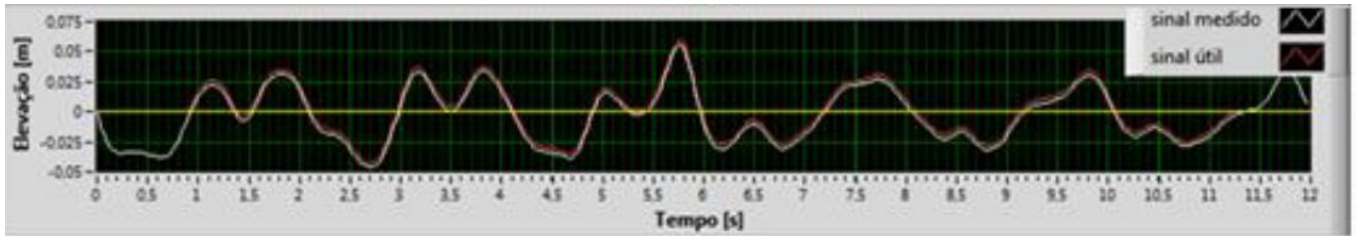
S5P3 – Hs=0,057 ; T=2,77s.

Incidente



S4P3 – Hs=0,083m ; T=1,727s.

Completa



S4P3 – Hs=0,083m ; T=1,727s.

Incidente

In: Daniel Spinola Clemente, Energia de Ondas: Metodologia de Ensaios em Modelos Reduzidos, Dissertação de Mestrado, PPGEN, UNIFEI, 2013.

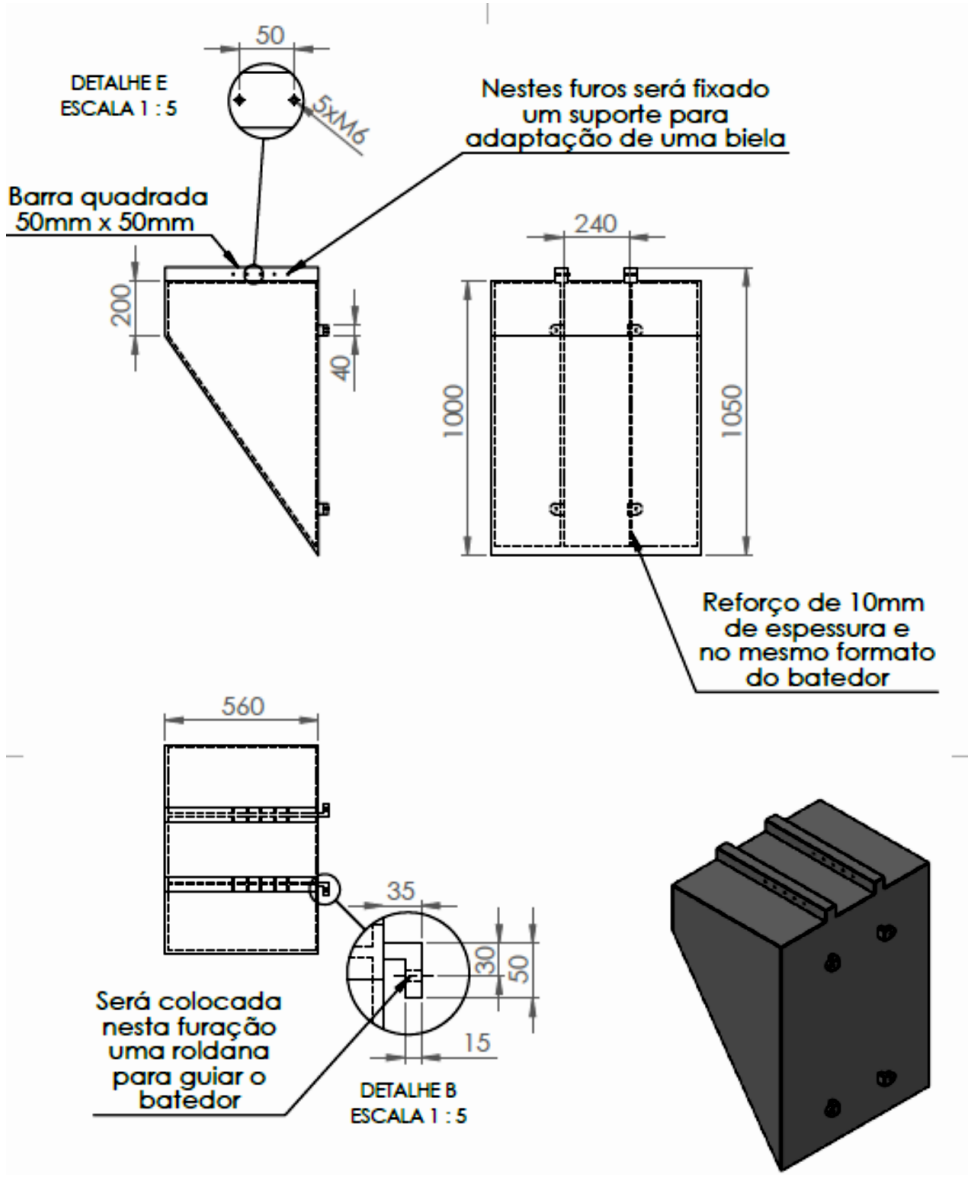
LABORATÓRIO DE ONDAS HIDRÁULICAS - IRN UNIFEI

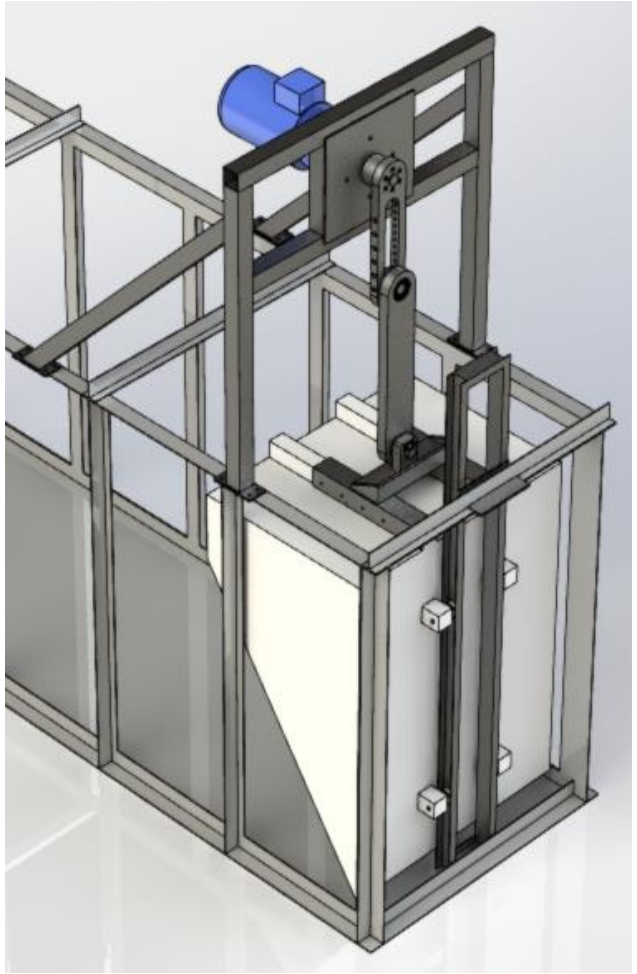
Hoje

LABORATÓRIO DE ONDAS HIDRÁULICAS - IRN UNIFEI

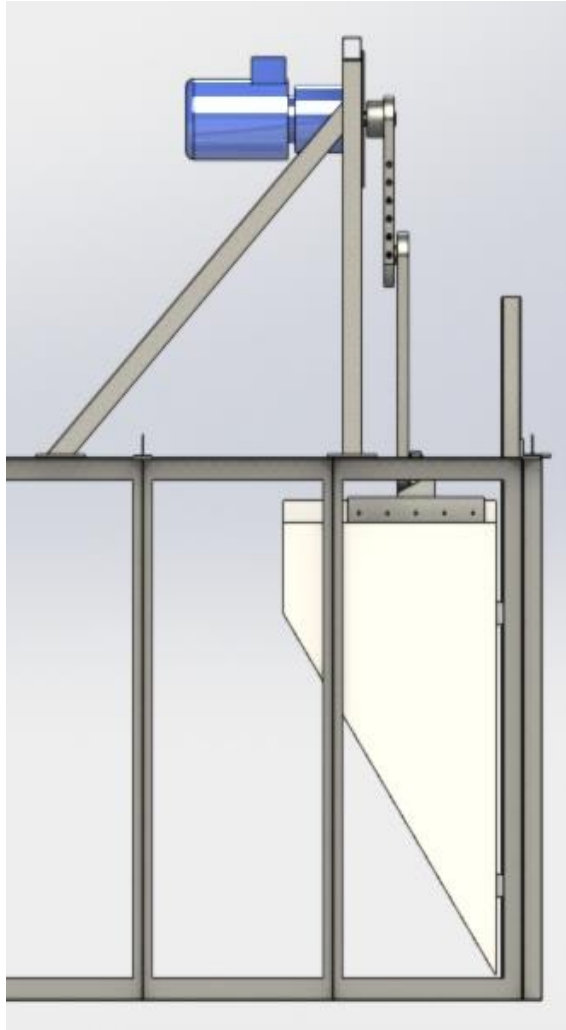
Proposta de melhoria:

- Sistema batedor de ondas tipo cunha





REALIZAÇÃO: INEF INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS



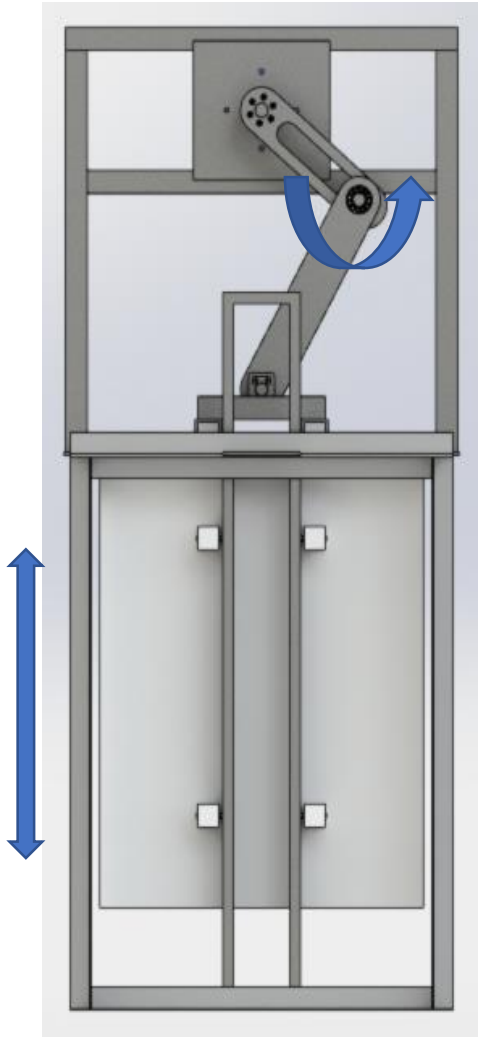
Proposta de melhoria:

- **Controle do período da onda:** sistema de motor com biela, motorredutor e inversor de frequência; (0,5 Hz – 1,5Hz)

- **Ajuste de amplitude da onda:** variação de tamanho do braço fixado no motorredutor;

- **Redução da recirculação e interferência nas ondas:** mínimo espaço entre o batedor e as paredes do canal

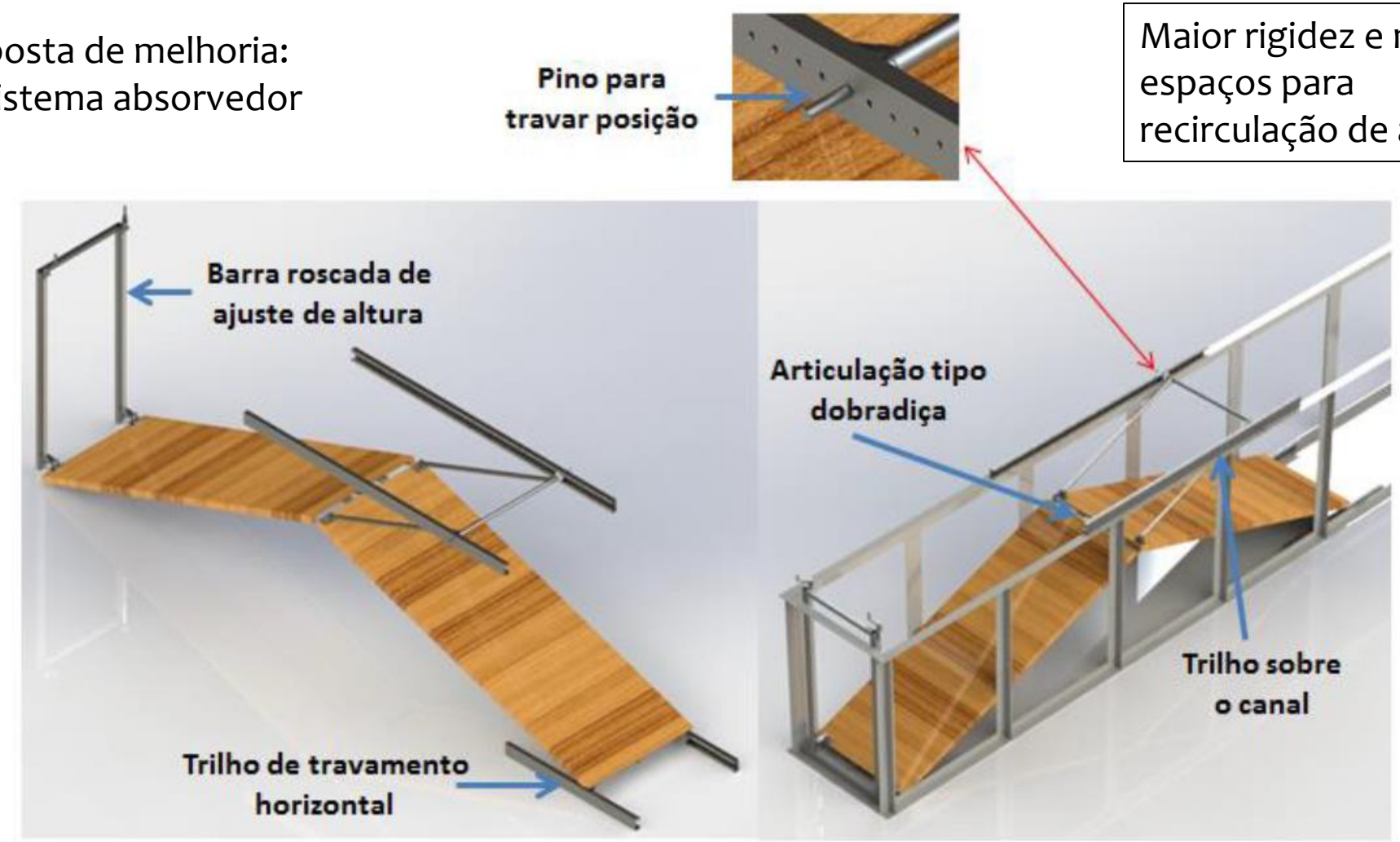
- **Melhor esbeltez da onda:** ângulo da cunha em 35°



Proposta de melhoria:

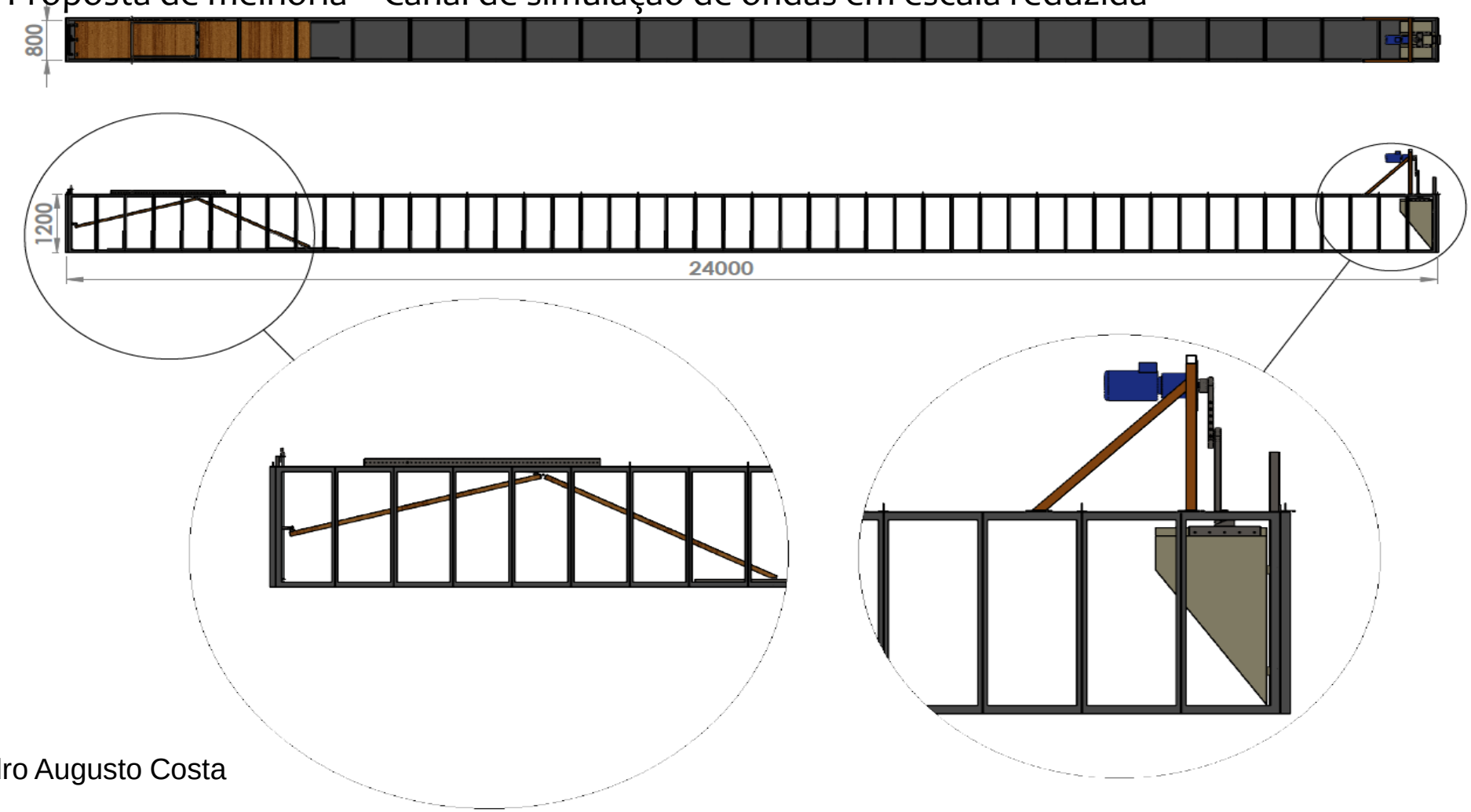
- Sistema absorvedor

Maior rigidez e menos espaços para recirculação de água.



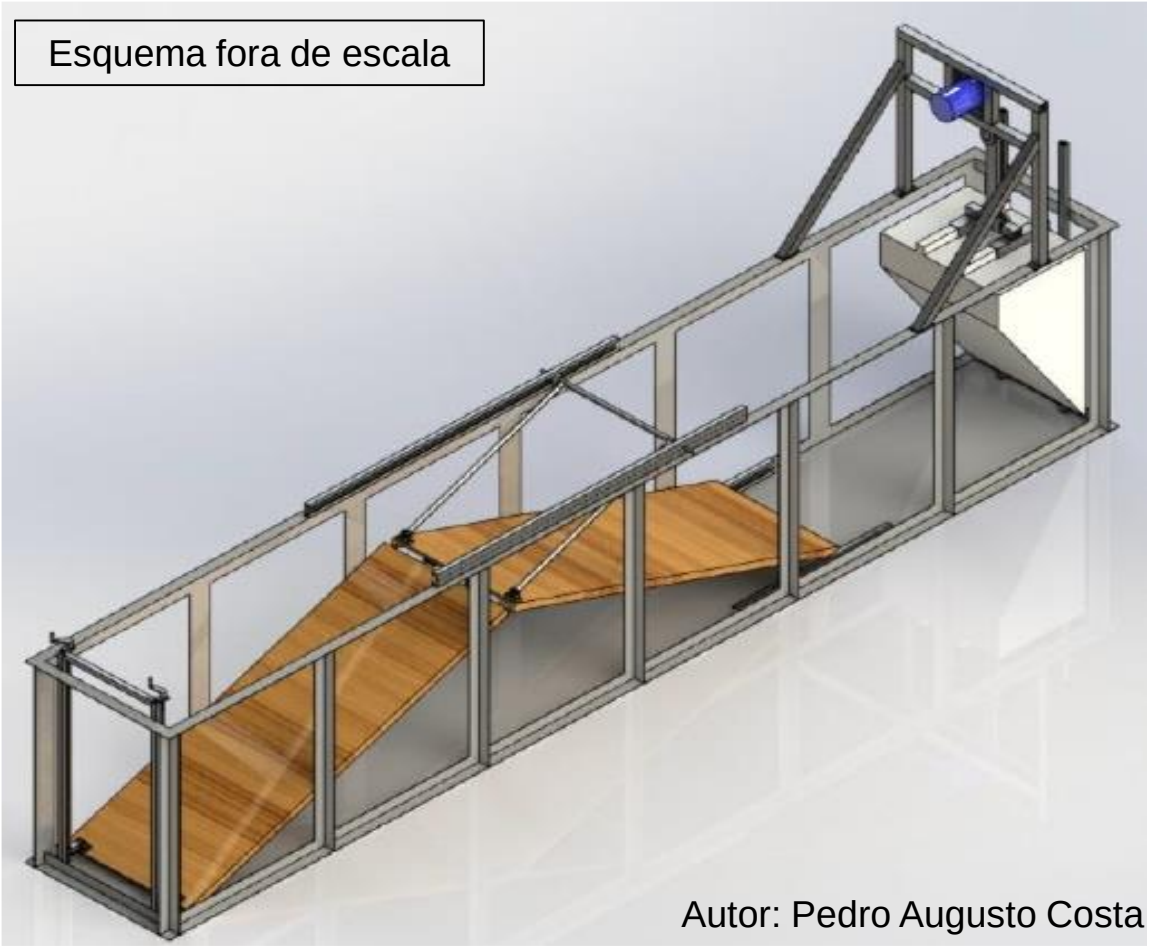
LABORATÓRIO DE ONDAS HIDRÁULICAS - IRN UNIFEI

Proposta de melhoria – Canal de simulação de ondas em escala reduzida



Autor: Pedro Augusto Costa

Proposta de melhoria – Canal de simulação de ondas em escala reduzida



Principais objetivos:

- Estudos do comportamento das ondas oceânicas;
- Estudos da interação ondas e região costeira;
- Ensaios de modelos reduzidos de dispositivos submetidos às condições oceânicas.

Gerador de Polos Oscilantes

- Converte movimento linear em rotativo oscilante
- Geração de eletricidade

REALIZAÇÃO: INOF INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS

Turbinas hidrocinéticas em desenvolvimento

Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho

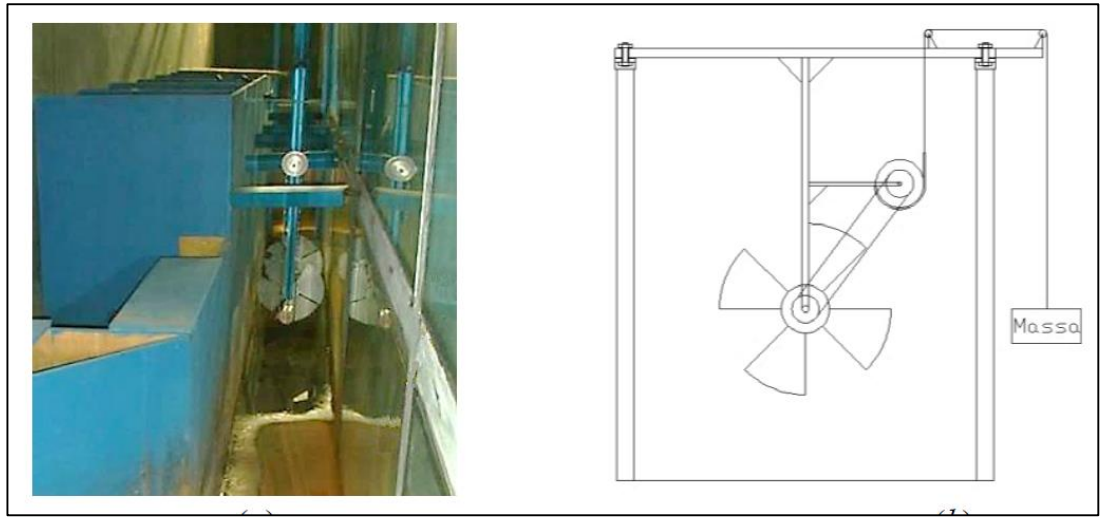
Prof. Dr. Ramiro Gustavo Ramirez Camacho

I WORKSHOP DE ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS 2018

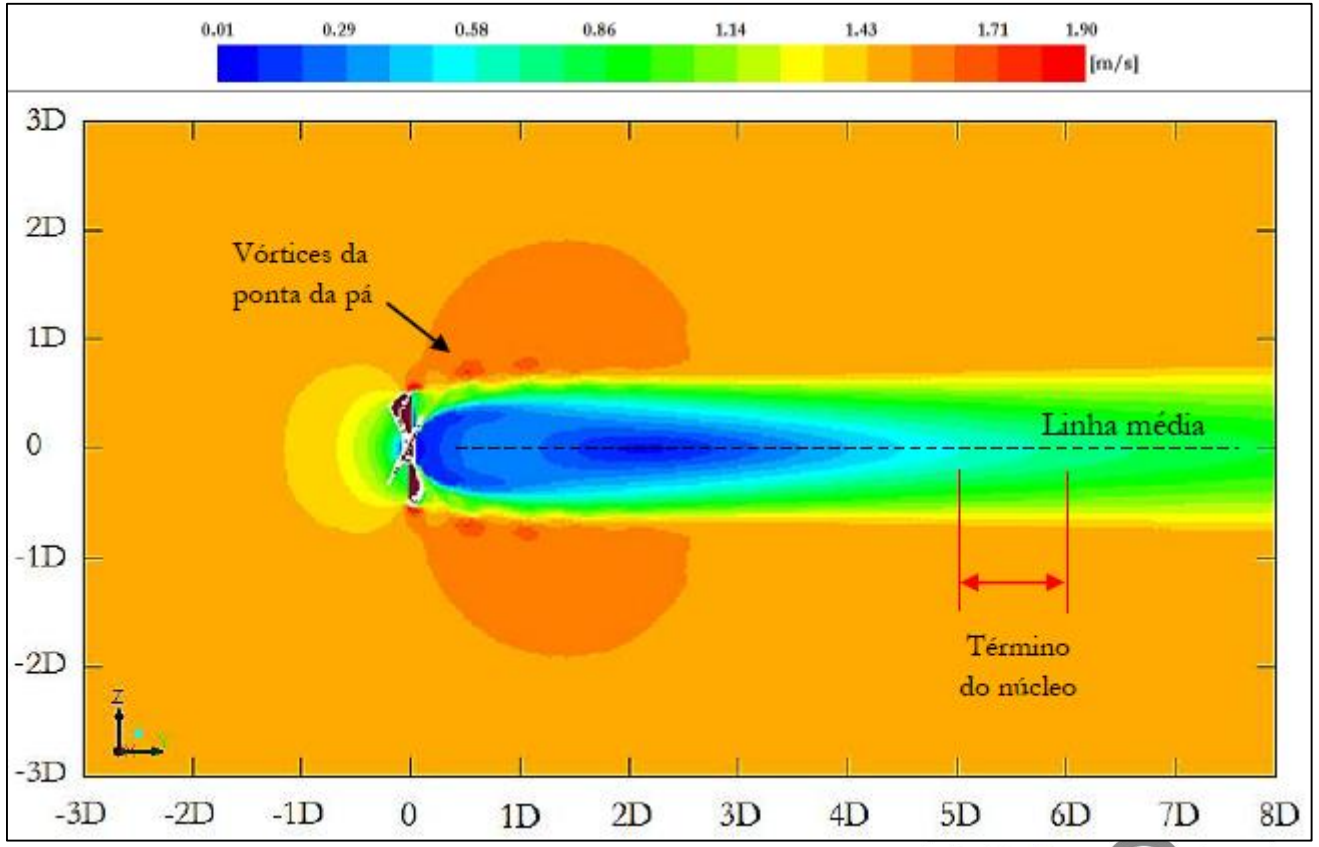
REALIZAÇÃO: INEOF INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS

Turbina Hidrocinética

- **Dissertação: Estudo e melhoramento de uma turbina hidrocinética multiestágios - Germán Alejandro Ibarra Bolaños (2015)**

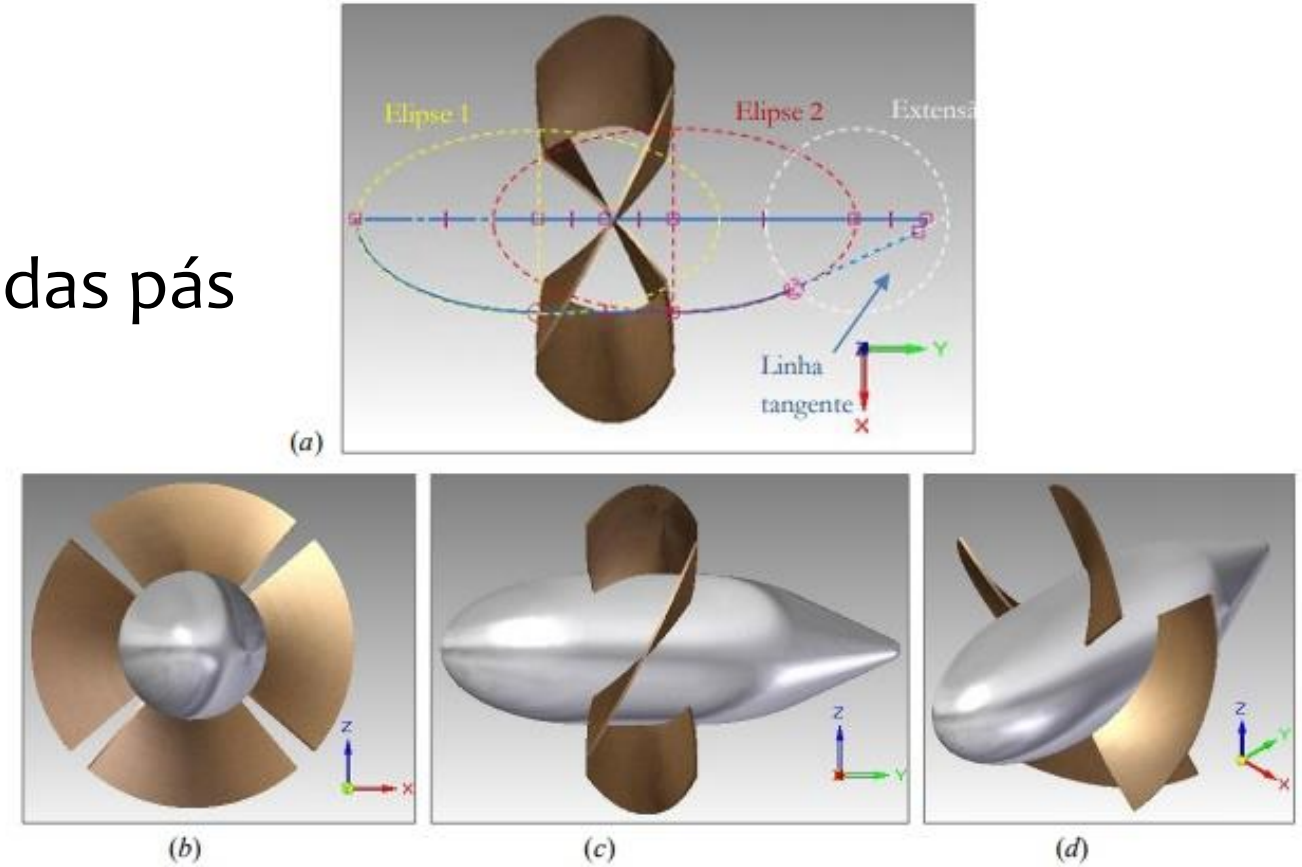


Ensaio experimental (acima) e estudo computacional da esteira de modelo melhorado (direita)



Turbina Hidrocinética

- Otimização do formato das pás

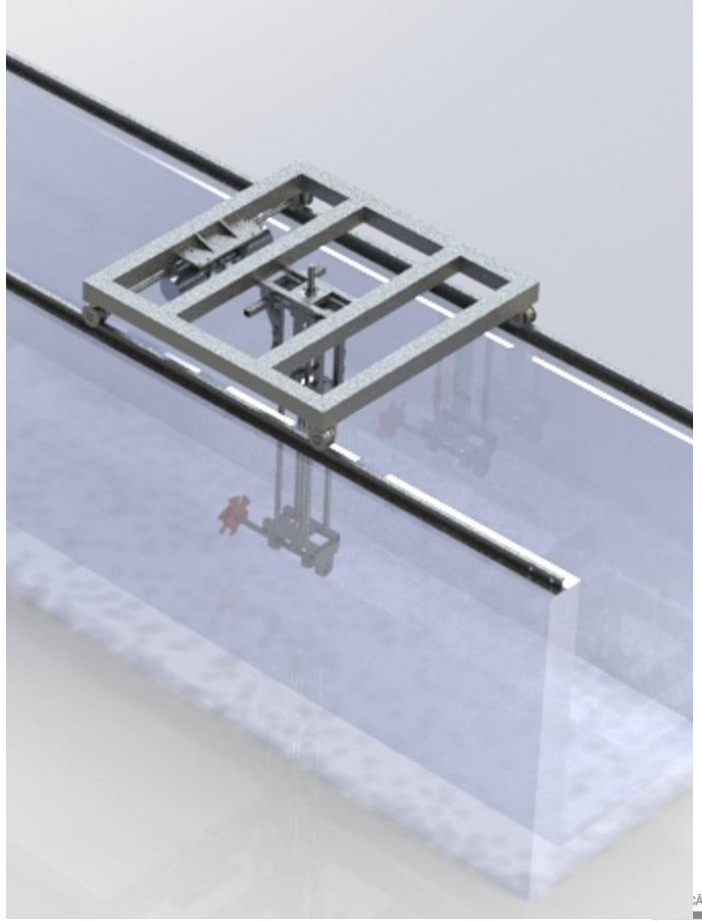


Turbina Hidrocinética

- Abordagens do atual estudo:
  - Potencial hidráulico remanescente
  - Possibilidades ambiental e socialmente adequadas e **tecnicamente viáveis.**
  - Ensaio experimental de modelo melhorado

Turbina Hidrocinética – Bancada de ensaios

- Proposta:
  - Conclusão de laboratório em construção na UNIFEI
  - Veículo auto propelido para escoamento relativo da água nas pás do rotor
  - Tamanho do modelo limitado pela interação com as paredes do canal.

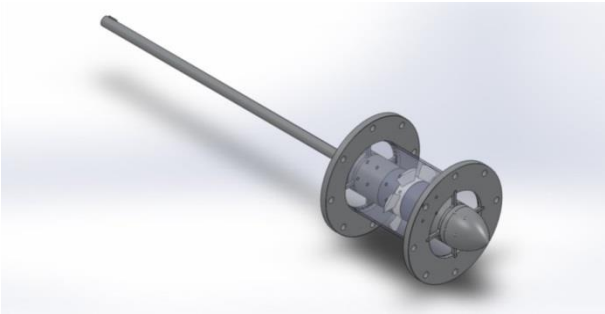


Turbina Hidrocinética – Bancada de Ensaios

Necessidade de conclusão do laboratório. Comportas do canal e instrumentação do carro.

Turbina Maremotriz

- Turbina para aproveitamento de baixas quedas
- Turbina com rotor tipo Wells, com pás móveis
- Operação em duplo efeito



Turbina Maremotriz

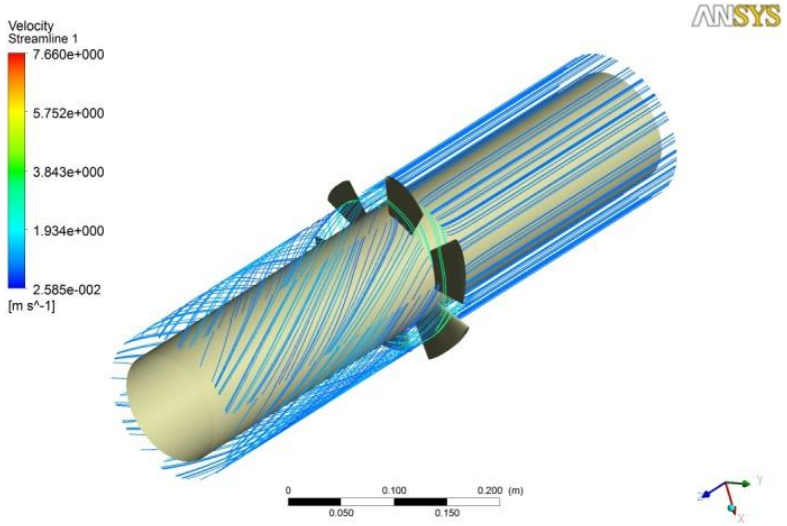


Figura 43: Linhas de corrente para n = 300 rpm; Q = 0,01263 m³/s; η = 61,88%

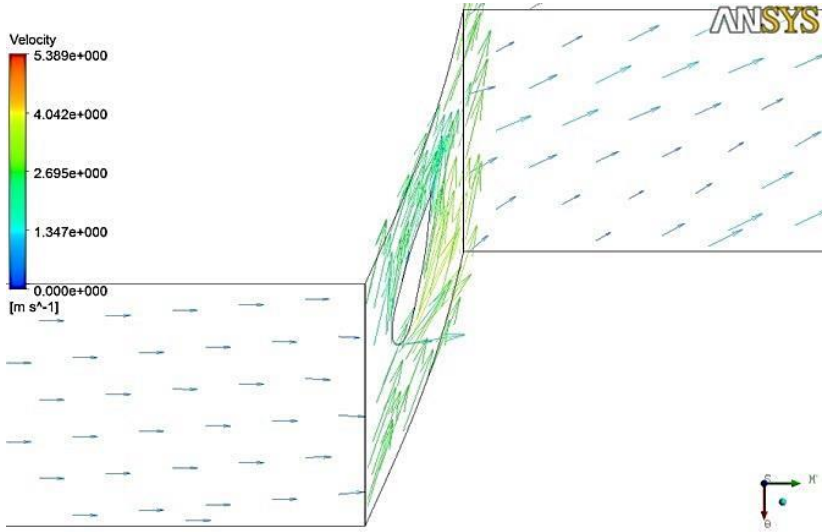
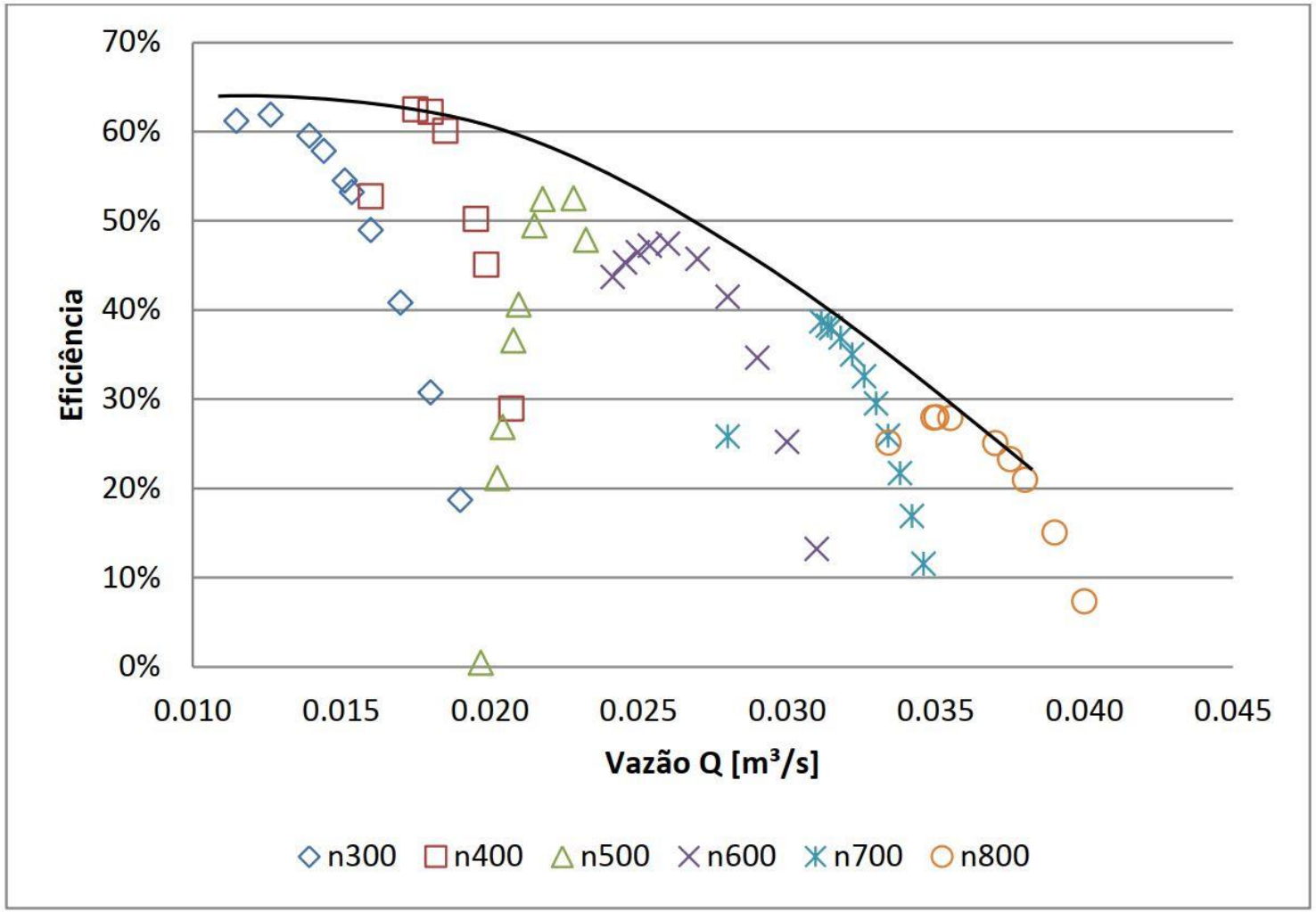


Figura 45: Vetores de velocidade para n = 300 rpm; Q = 0,01263 m³/s; η = 61,88%



Turbina Maremotriz: Resultados das simulações computacionais

Turbina Maremotriz

Sistema diretor para uma turbina de fluxo reversível para centrais maremotrizes

Objetivos:

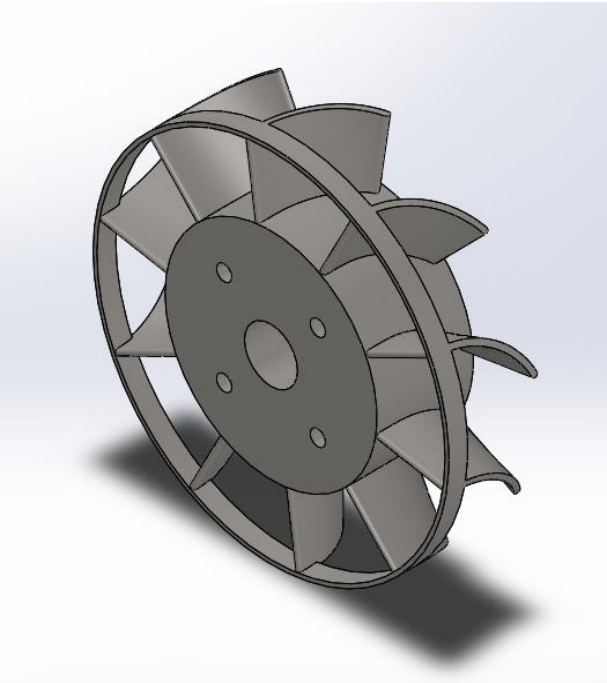
- Desenvolver um modelo de sistema diretor – distribuidor – para aplicação em turbina reversível;
- Fazer simulações computacionais e ensaios com modelo físico;
- Comparar e validar os resultados obtidos nas simulações computacionais com os da bancada de ensaios;

Turbina Maremotriz

Distribuidor – dados:

- Diâmetro Interno: 112mm
- Diâmetro externo: 188mm
- Número de pás: 10
- Espessura das pás: 3mm

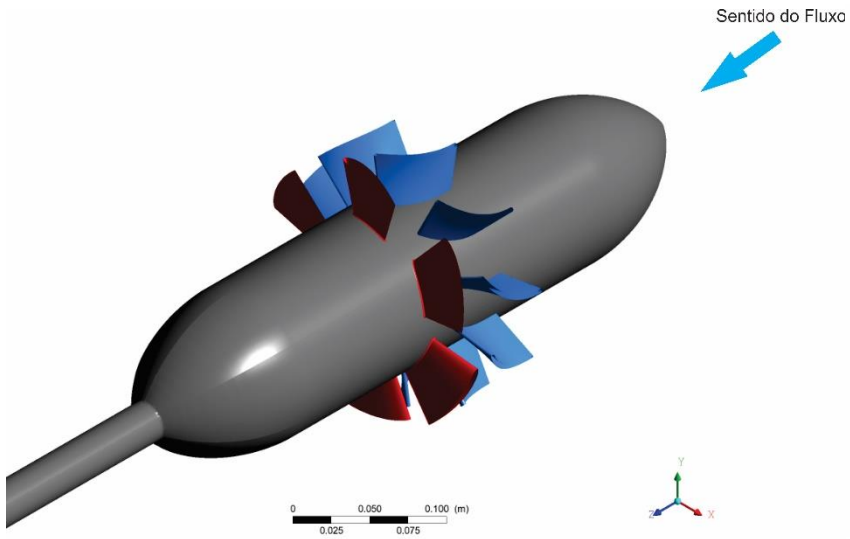
Modelo físico



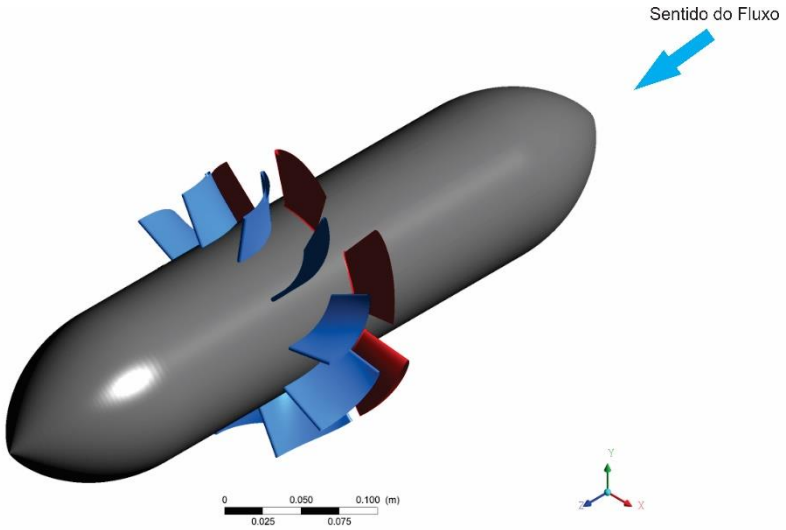
Modelo computacional

Turbina Maremotriz

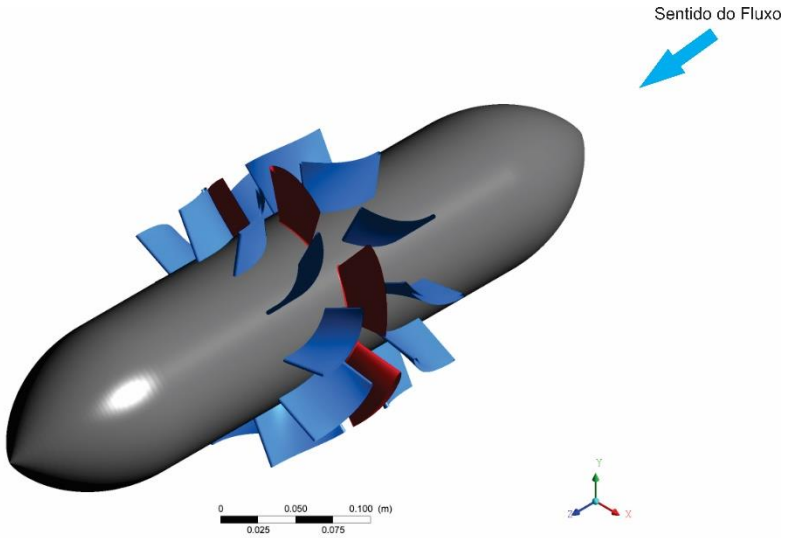
- Modelos computacionais



Distribuidor antes do rotor



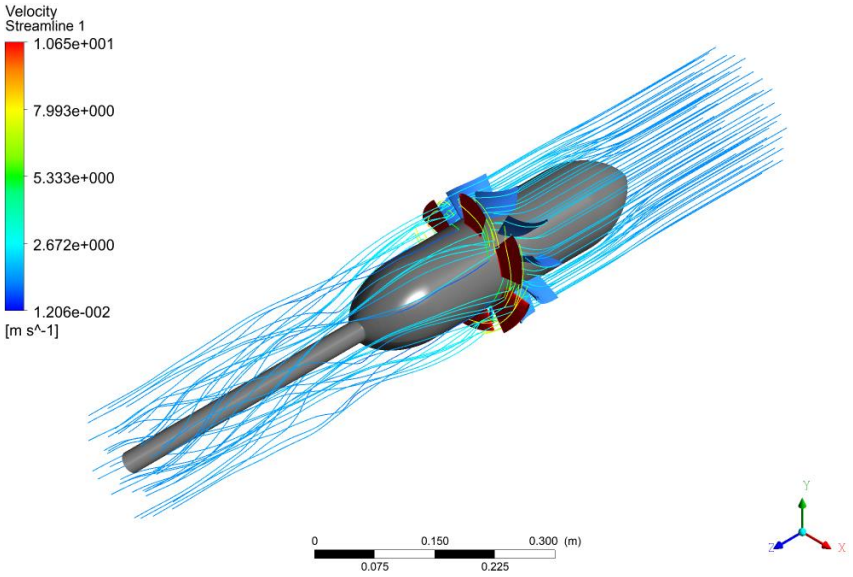
Distribuidor depois do rotor



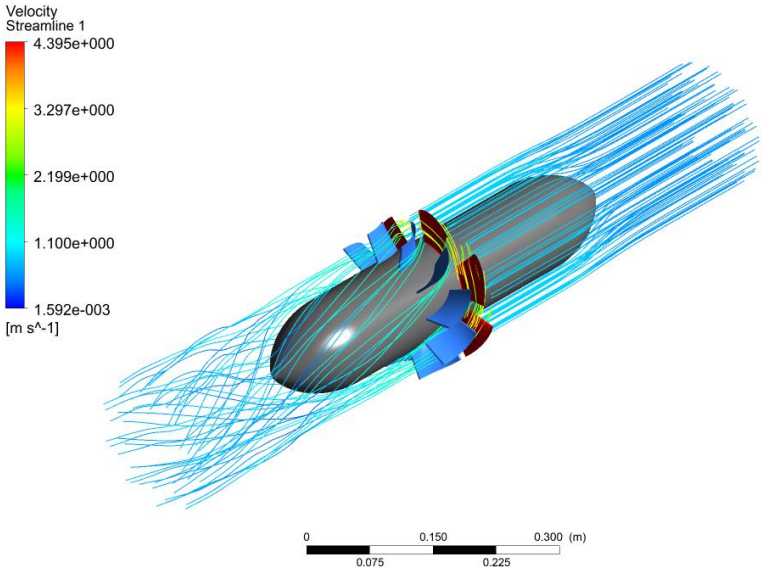
Distribuidor antes e depois do rotor

Turbina Maremotriz

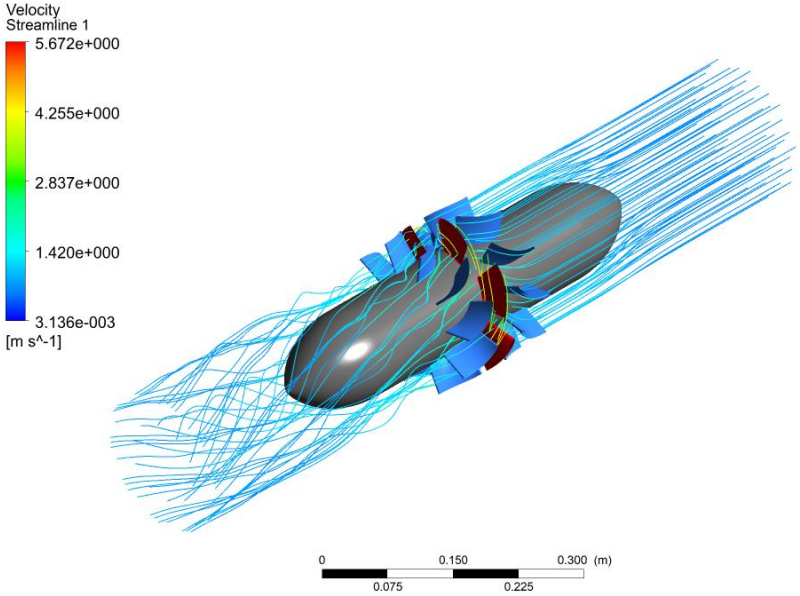
- Linhas de corrente



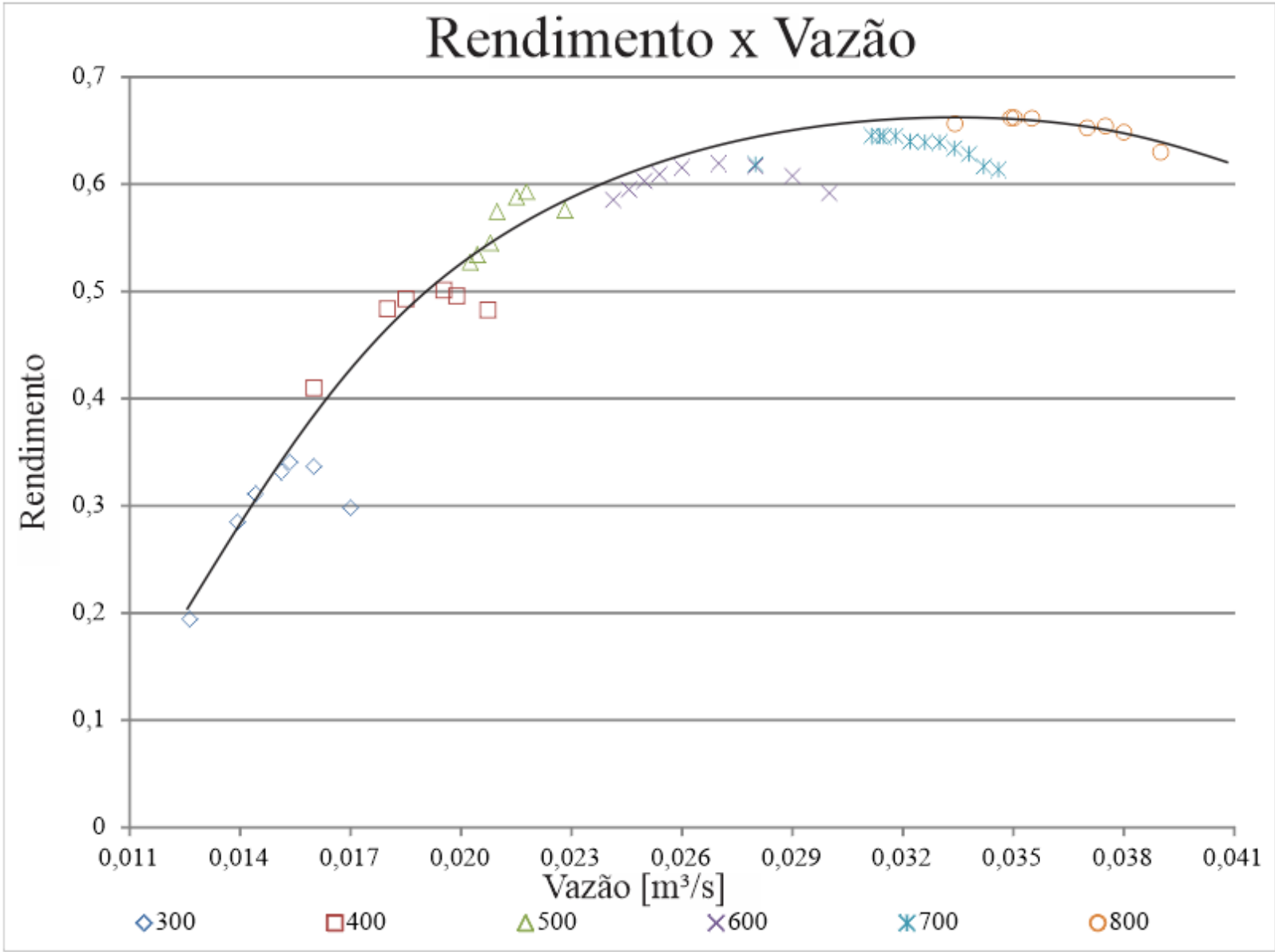
Distribuidor antes do rotor



Distribuidor depois do rotor



Distribuidor antes e depois do rotor



Turbina Maremotriz: Resultados das simulações computacionais

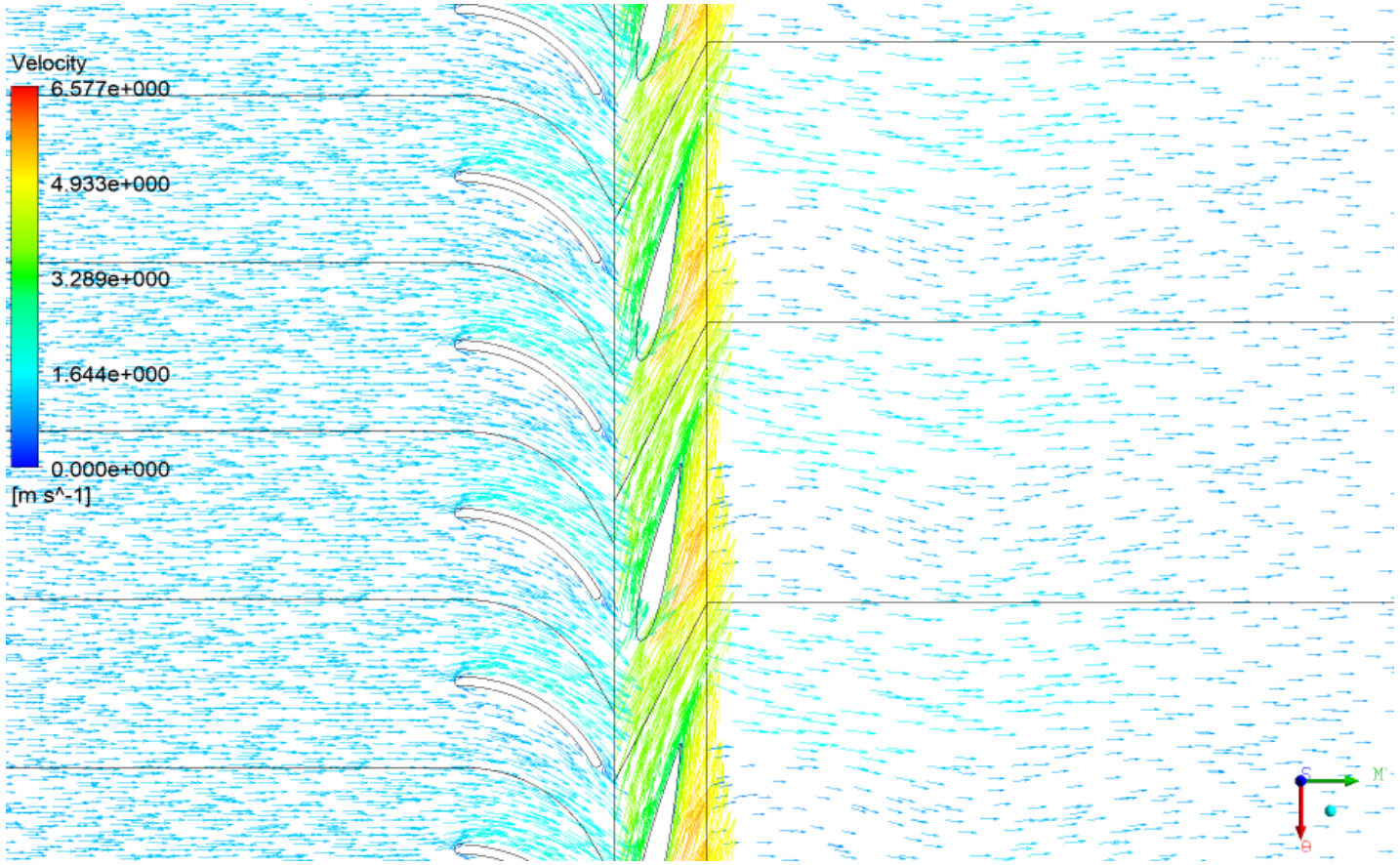
Resultados com Distribuidor antes do rotor

Turbina Maremotriz

- Ponto de melhor rendimento atingido nas simulações:
  - 800 rpm
  - Vazão de 0,03503 m^3/s
  - Velocidade de 1,956 m/s
  - Rendimento: 66,20%

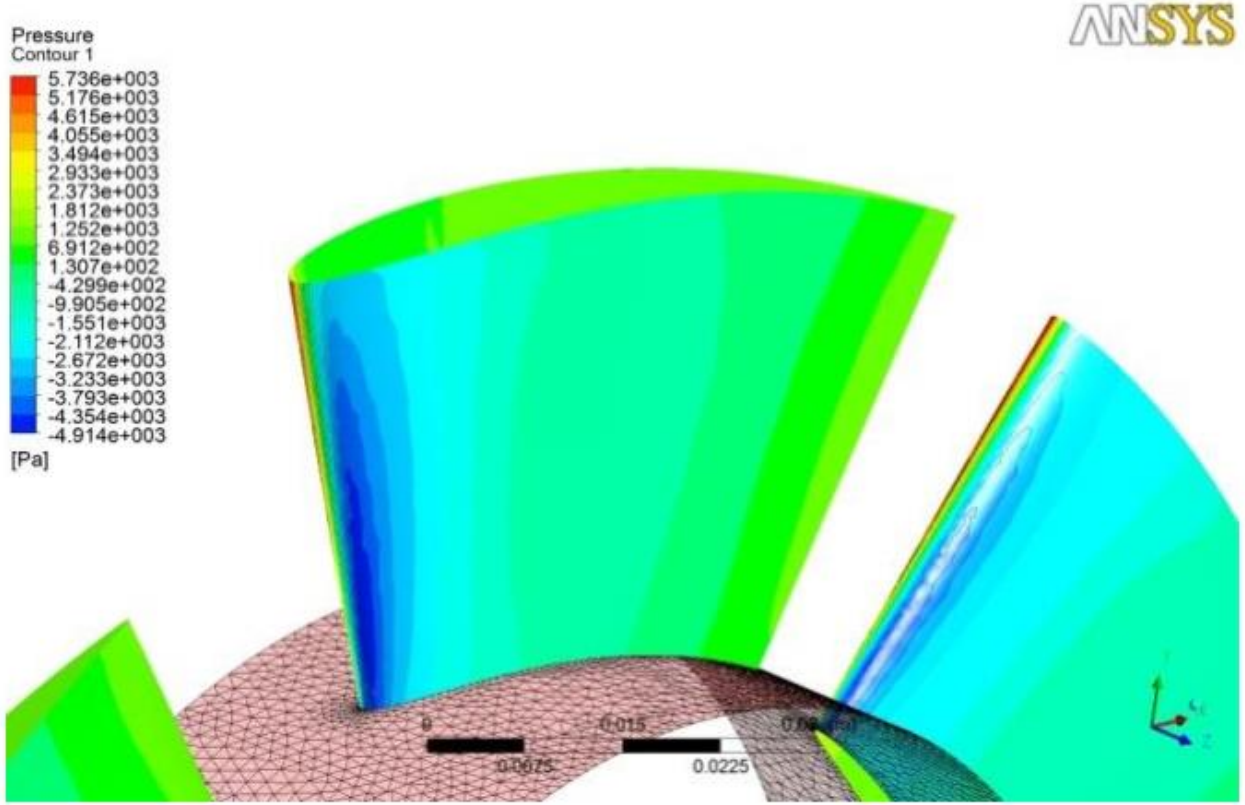
- Os resultados apresentados a seguir são referentes a esse ponto.

Turbina Maremotriz –Simulações computacionais - CFD

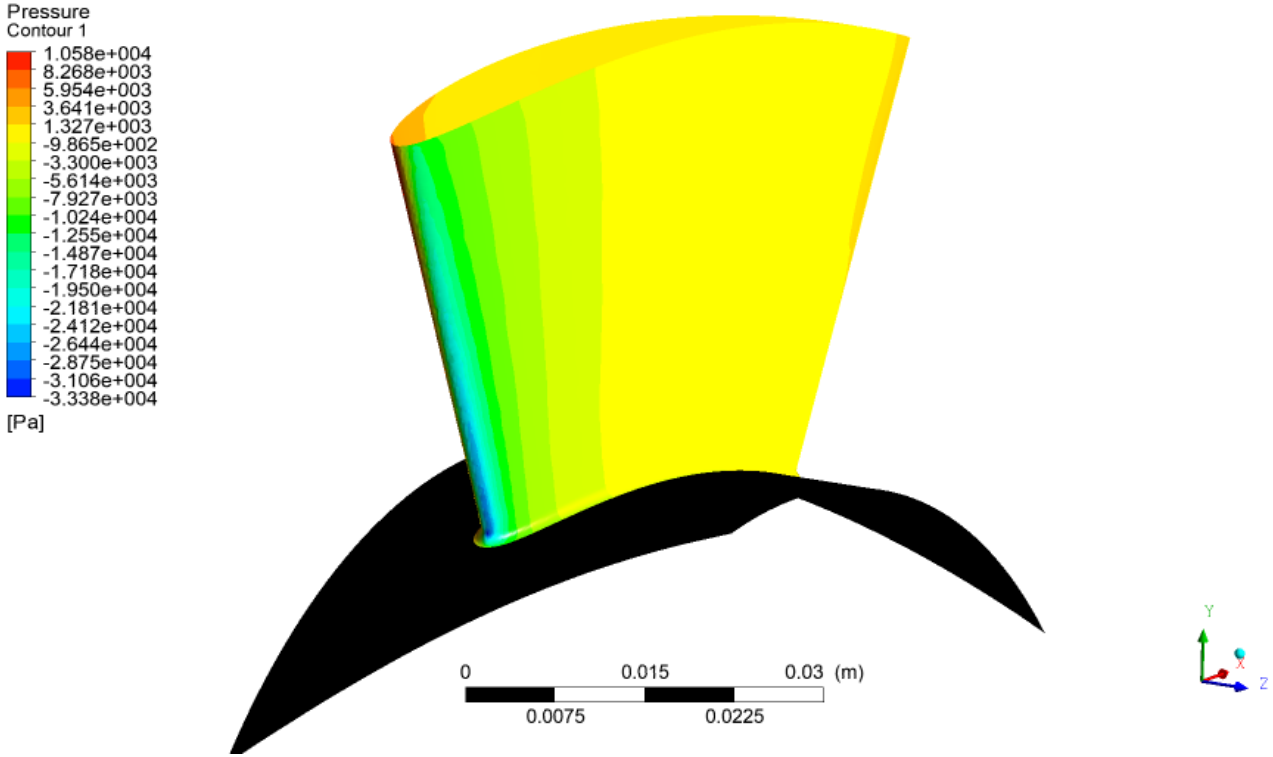


Vetores de velocidade sobre o sistema

Turbina Maremotriz – Resultados das simulações computacionais

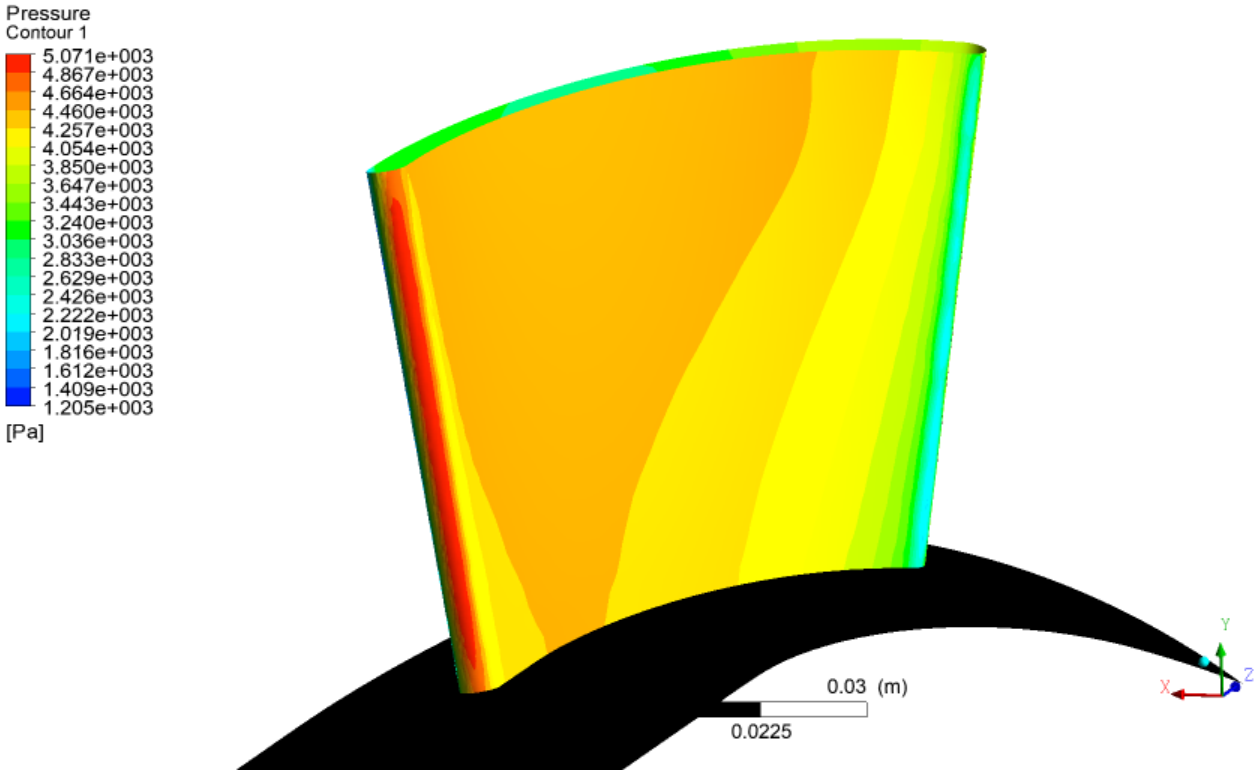


Pressões sobre a pá do rotor sem distribuidor

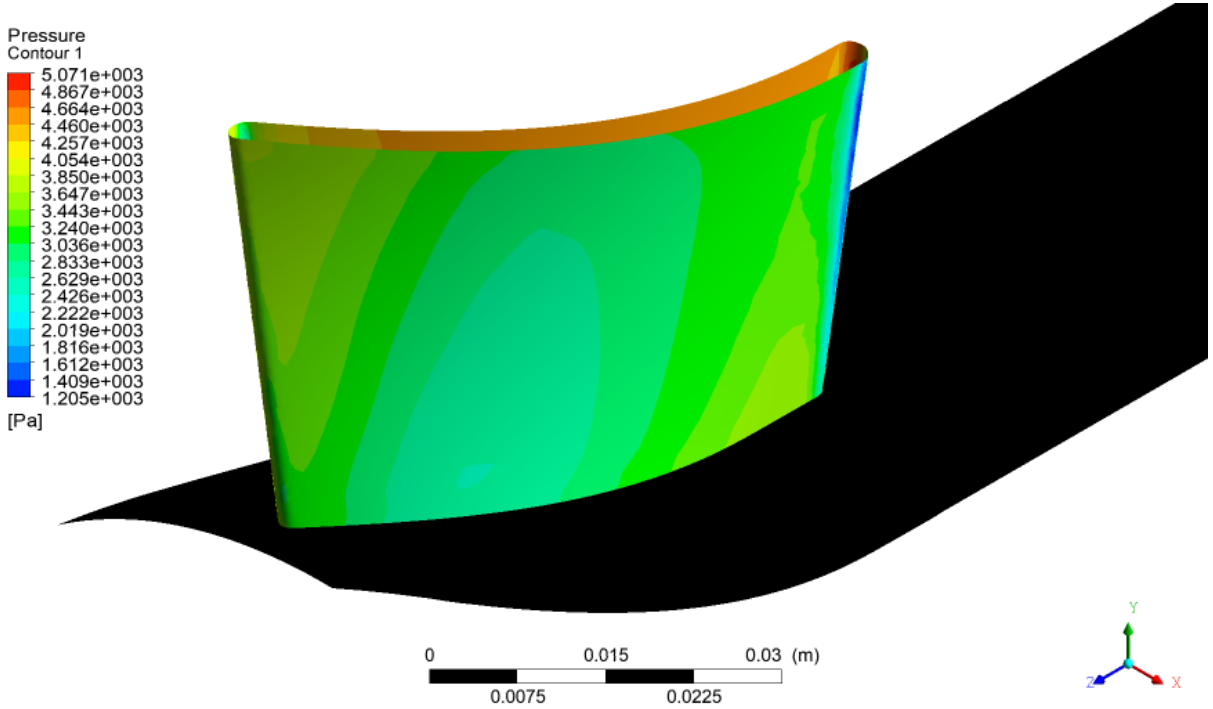


Pressões sobre a pá do rotor com distribuidor

Turbina Maremotriz – Resultados das simulações computacionais



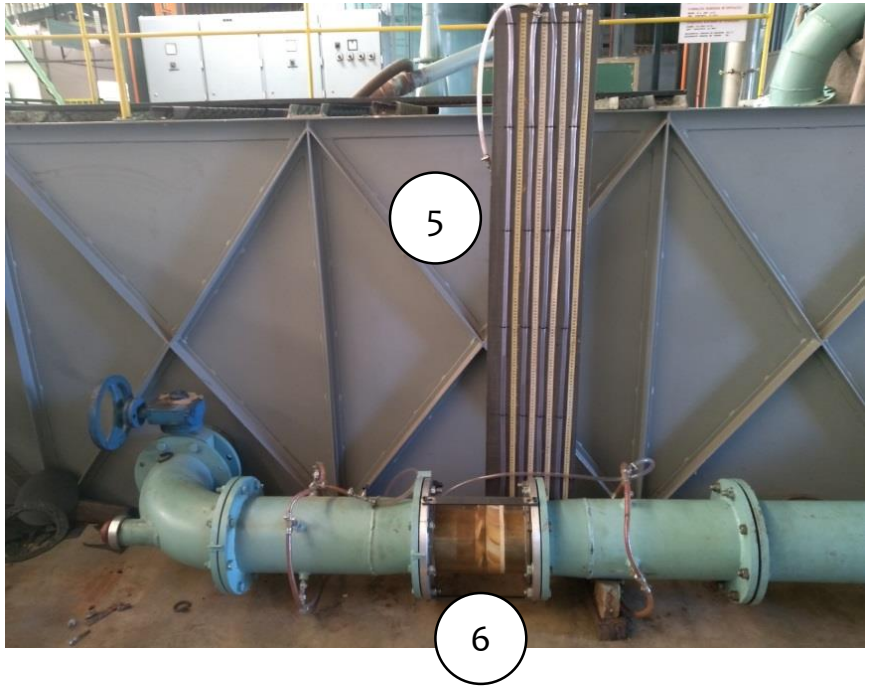
Pressões sobre o bordo de ataque do distribuidor

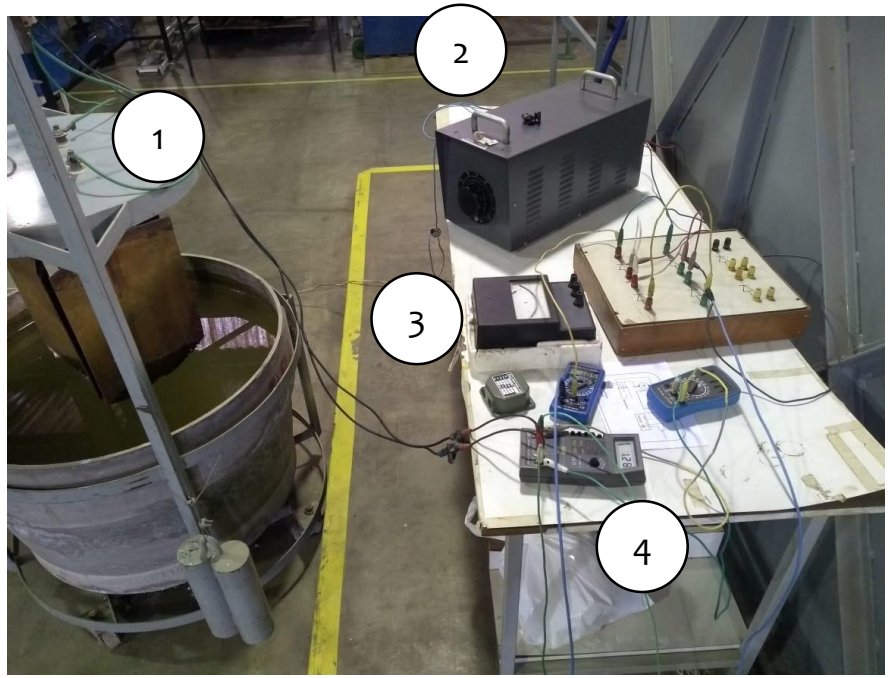


Pressões sobre o bordo de fuga do distribuidor

Turbina Maremotriz – bancada de ensaios

- 1- Freio Hidrodinâmico
- 2- Varivolt
- 3- Amperímetro
- 4- Multímetro
- 5- Manômetro de coluna d'água
- 6- Rotor e distribuidor





Turbina Maremotriz

- Bancada de ensaios
  - Diâmetro interno: 0,112m
  - Diâmetro externo: 0,188m

Maremotriz – conclusão

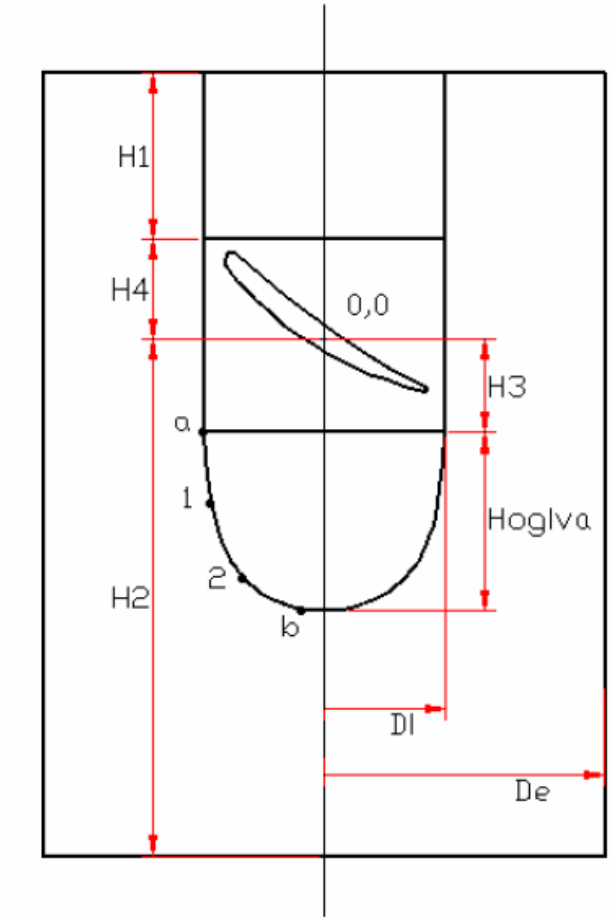
- Ganho de eficiência do rotor:
  - De 62,18% a 400rpm - sem distribuidor
  - Para 66,20% a 800 rpm - com distribuidor;
- Aumento da velocidade de incidência da água sobre a pá do rotor;
- Escoamento uniforme após o rotor.

Otimização de Turbinas Hidráulicas Axiais

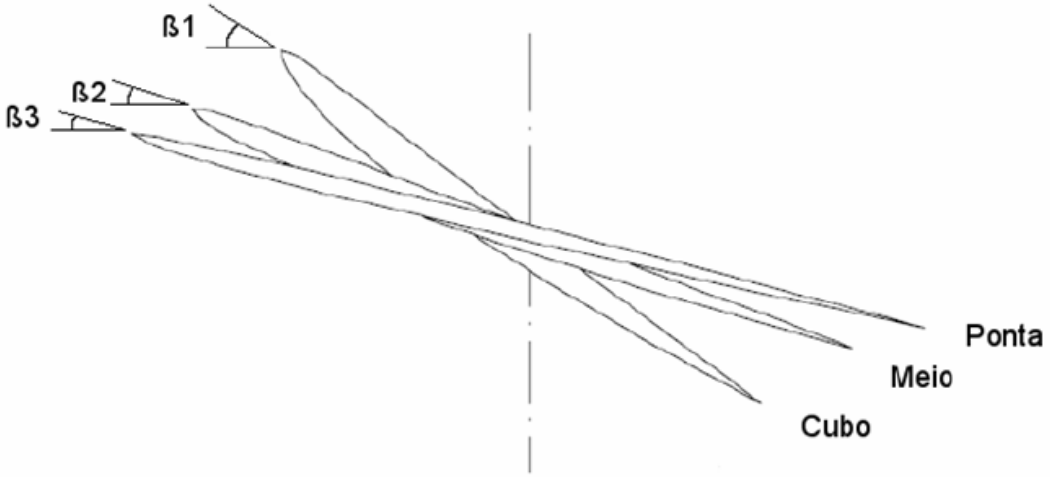
* ramirez@unifei.edu.br

REALIZAÇÃO: INEOF INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS

Parametrização da Geometria

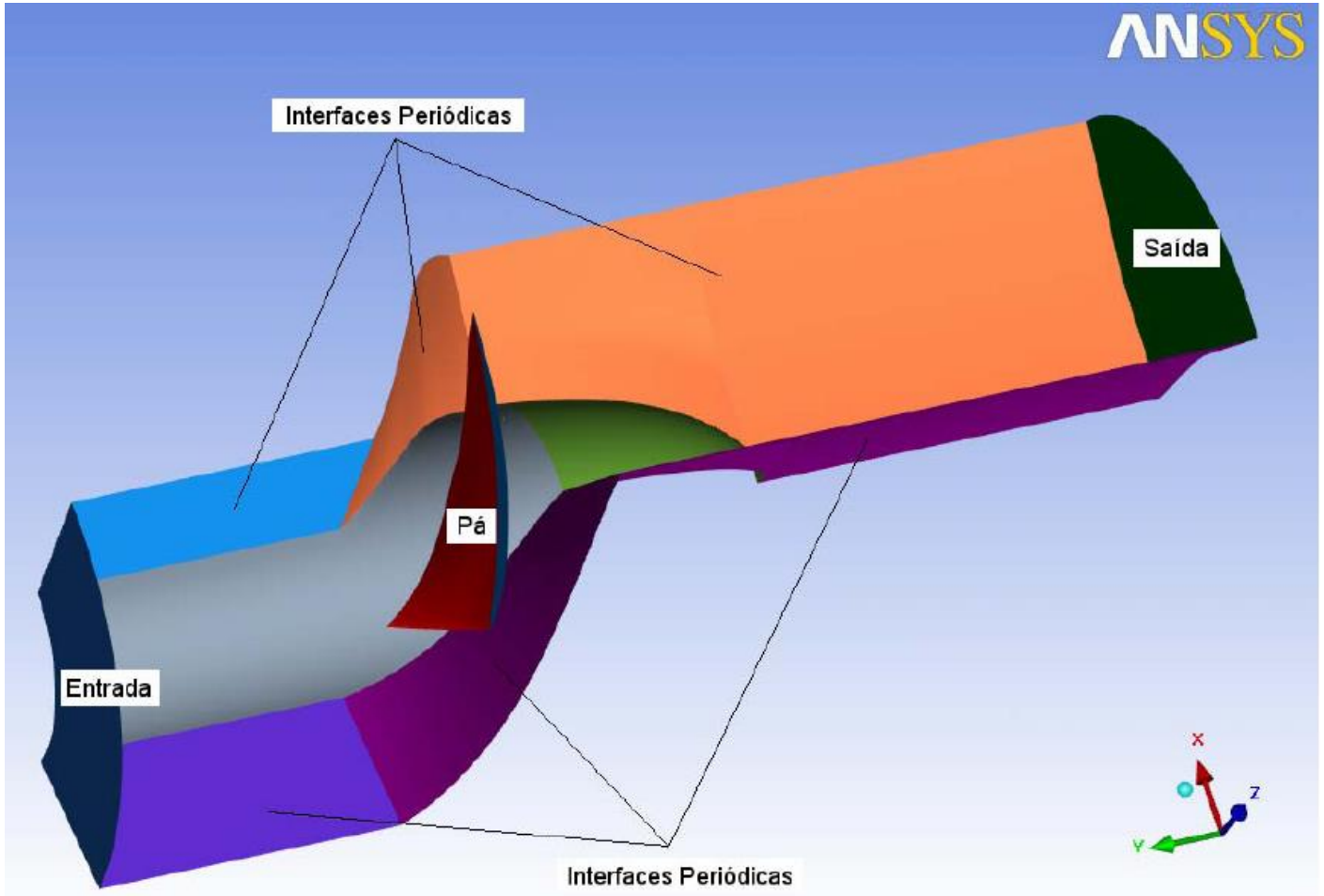


Definição das grandezas geométricas de projeto

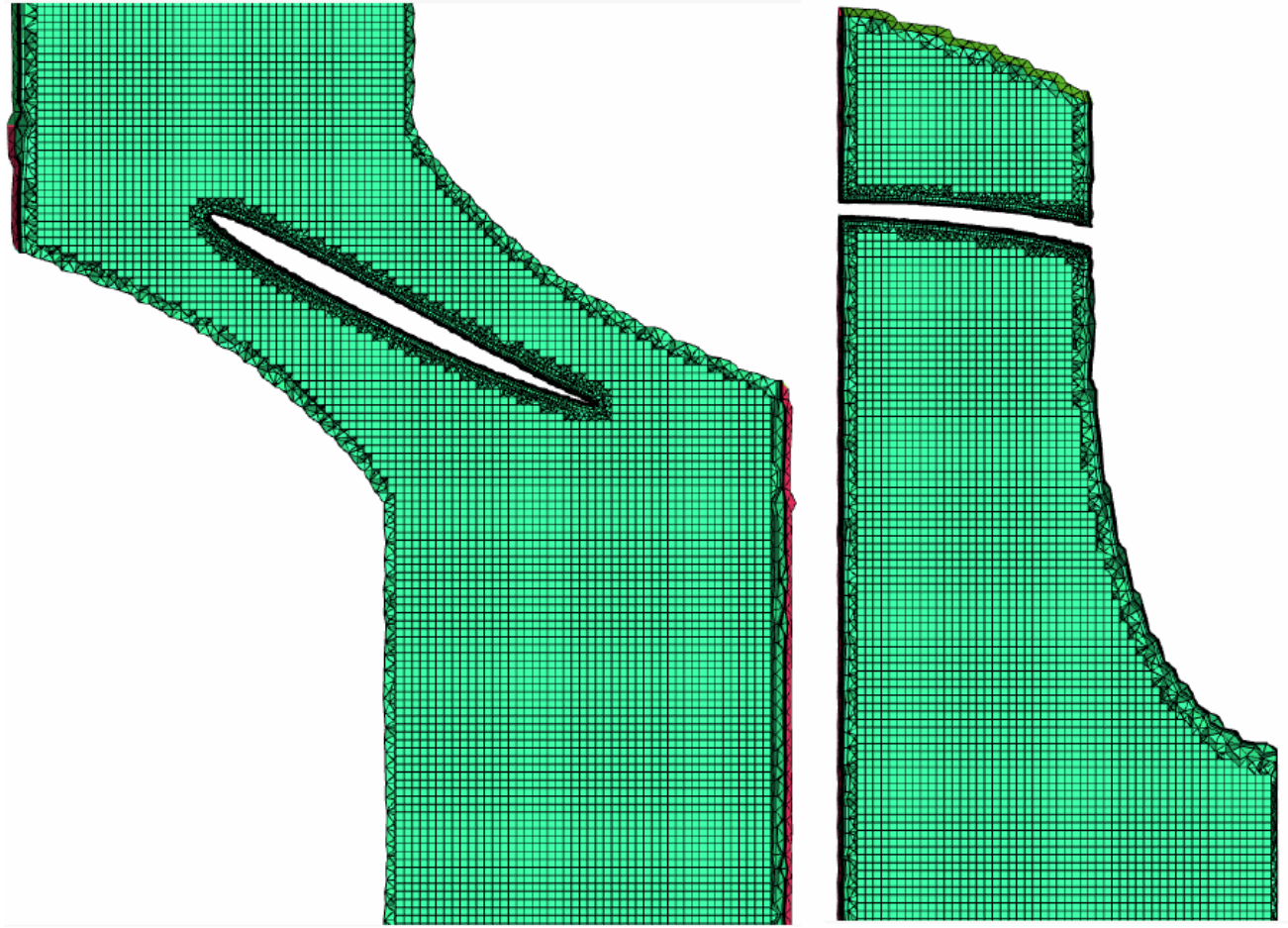


Ângulos de montagem em três planos
cubo meio e ponta

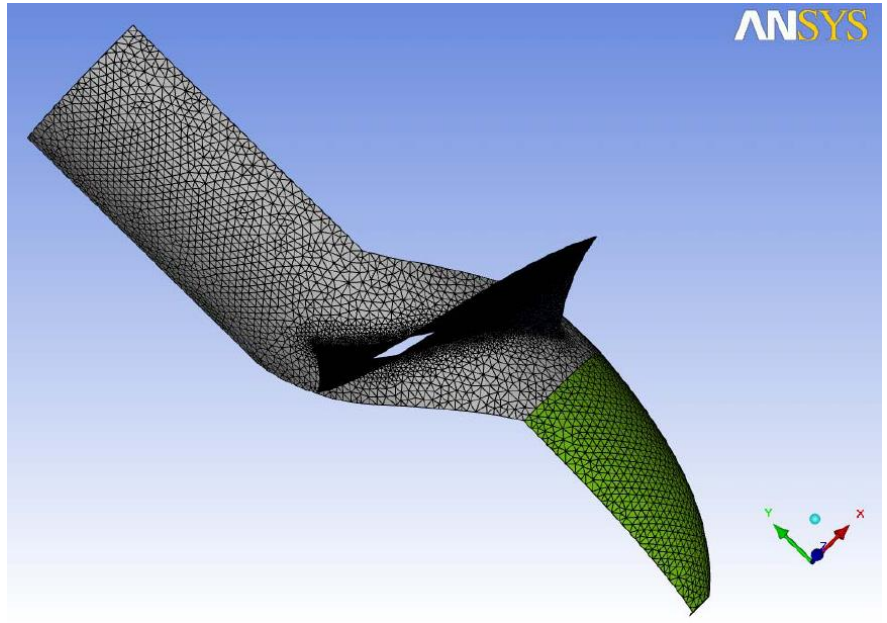
Superfícies do canal periódico

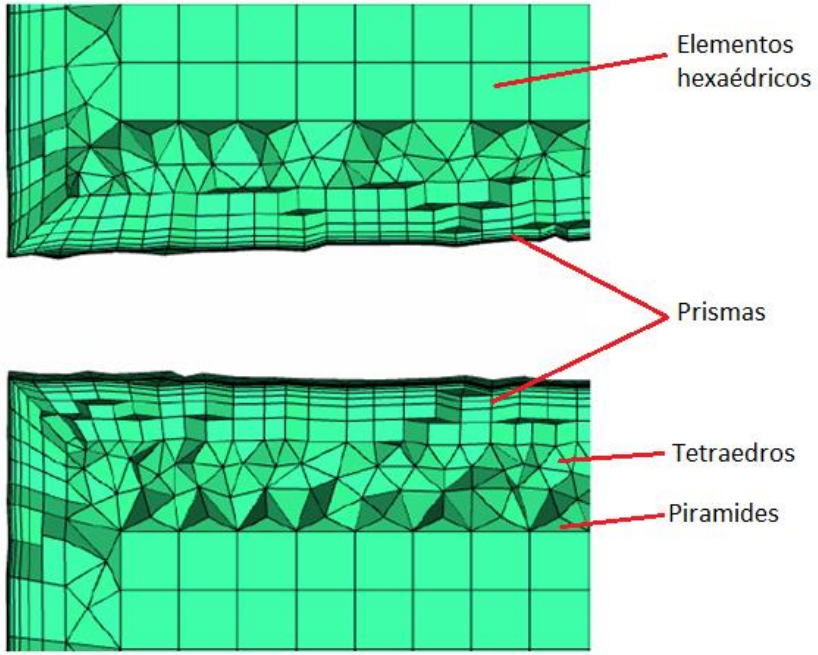


Vista em corte da malha computacional



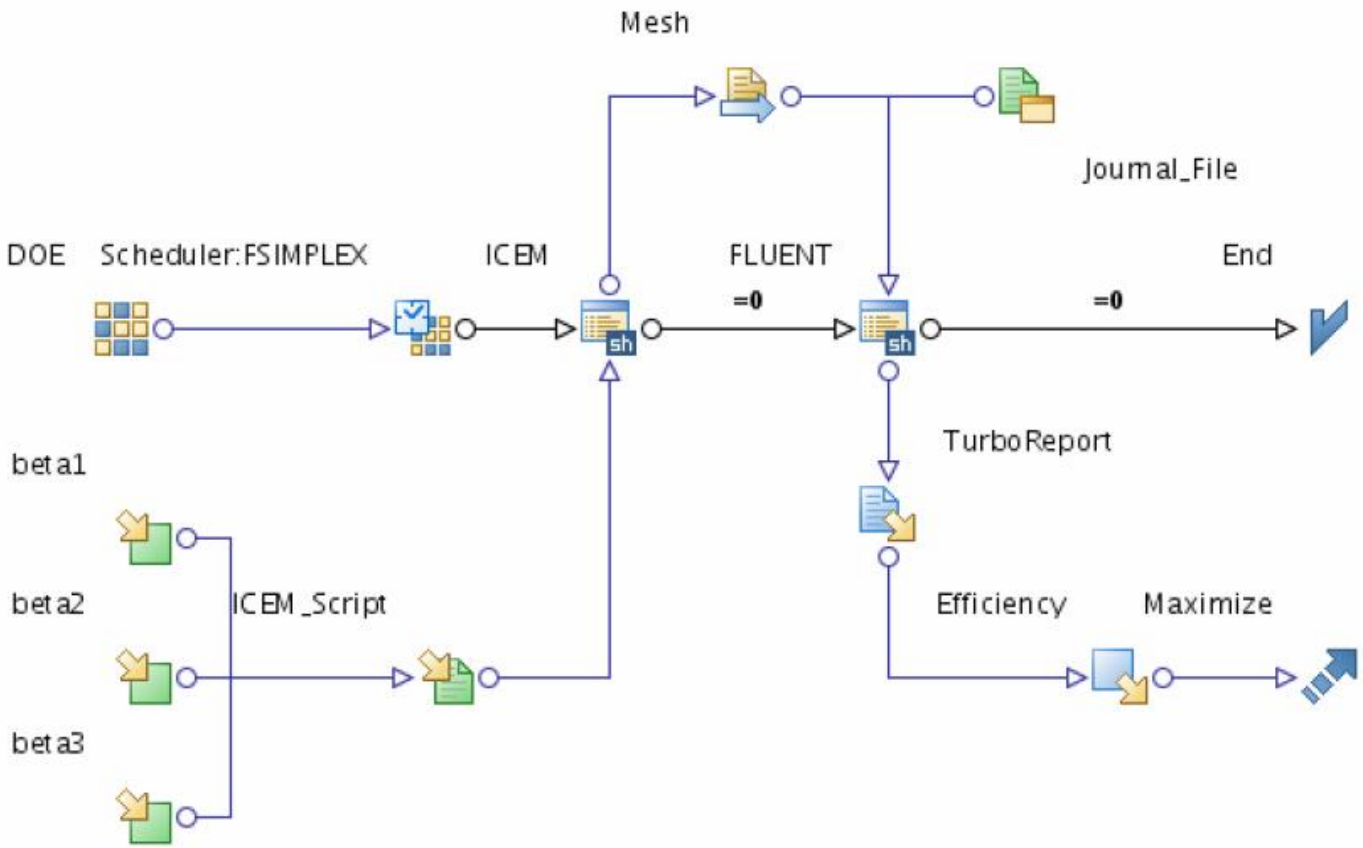
Plano de corte longitudinal para visualização da malha computacional





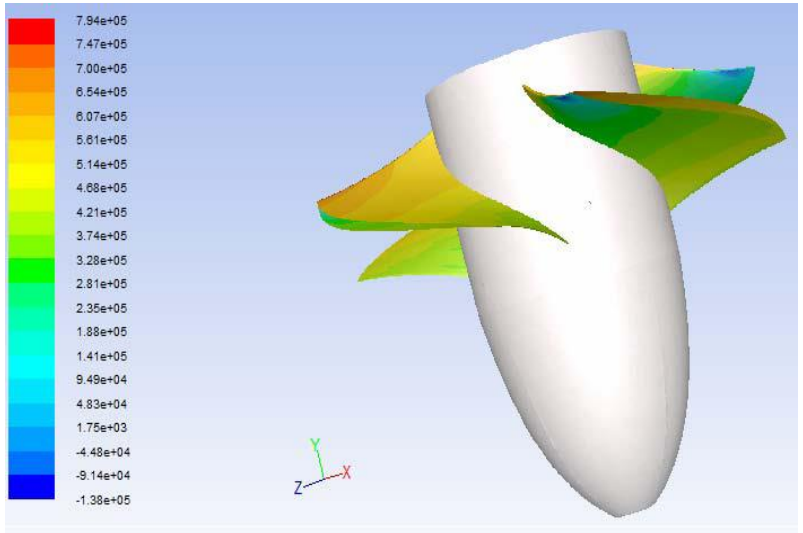
Transição da malha híbrida

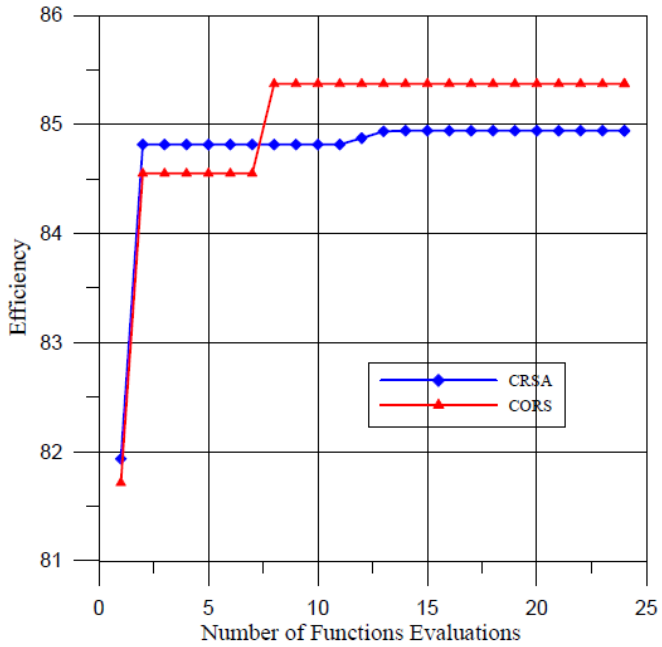
Fluxograma de otimização no *modeFRONTIER*®



REALIZAÇÃO: INEF INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS

CRSA		CORS	
NFE*	η	NFE	η
1	81.9352	1	81.7153
2	84.8153	6	84.5503
12	84.8736	8	85.3719
13	84.9355	25	85.3719
14	84.9427		
25	84.9427		



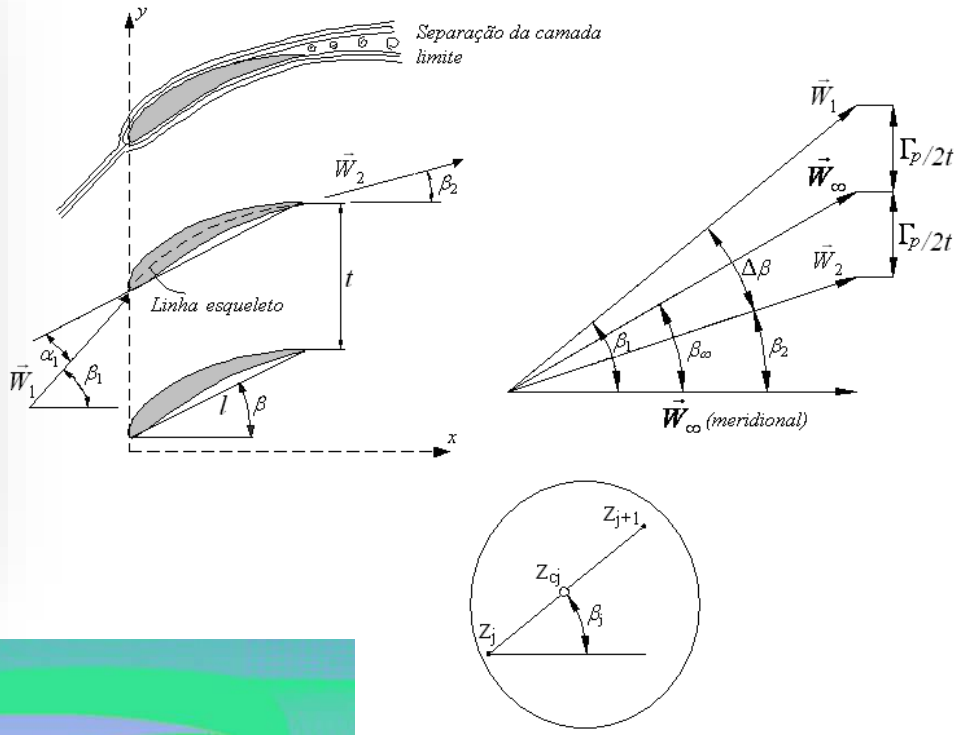


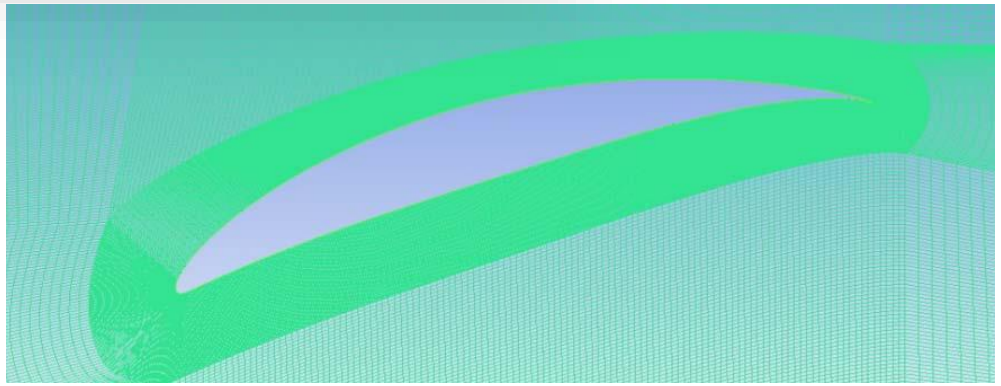
CORS: Contrained Optimization Response Surface
CRSA: Controlled Randon Search Algorithm

REALIZAÇÃO: INEF INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS

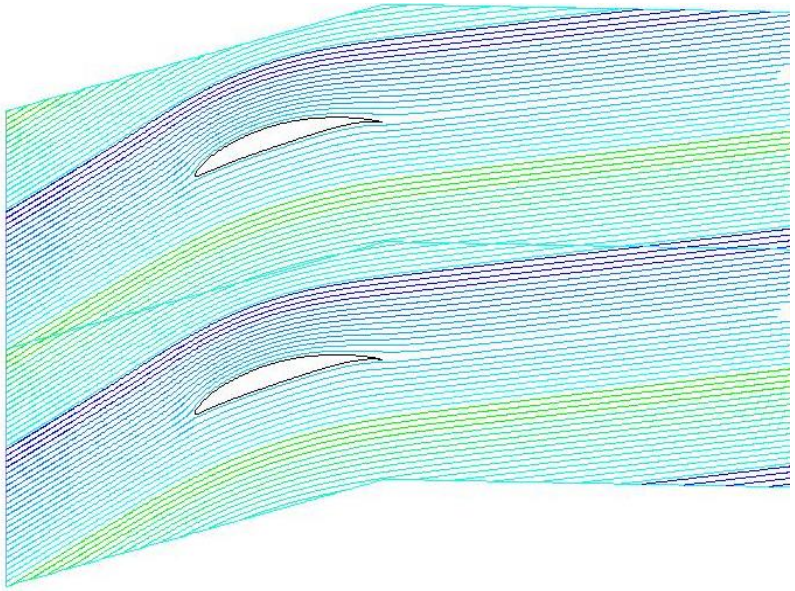
. Geometry Data, Boundary Condition and Fluid Properties.

Cascade Parameters	
Pitch-to-chord ratio (λ)	0.85 – 1.15
Camber (ARC)	14% - 16%
Stagger angle (β)	15º
Chord (l)	1 m
Inlet angle flow (β_1)	30º
Incidence angle (α_1)	$\alpha_1 = \beta_1 - \beta$
Flow properties (air)	
Mass density (ρ)	1.225 kg/m^3
Viscosity (μ)	1.7894x10^{-5} kg/(m.s)
Inlet Boundary Condition	
Component velocity in x	3.1783 m/s
Component velocity in y	1.8350 m/s

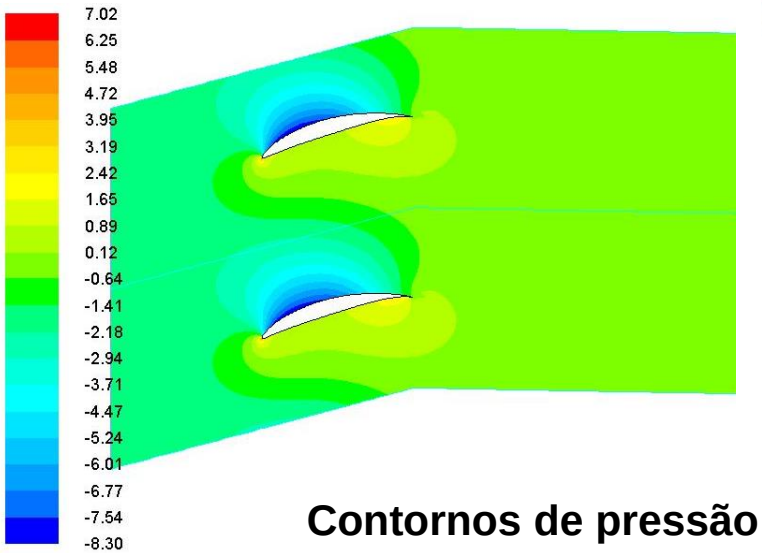




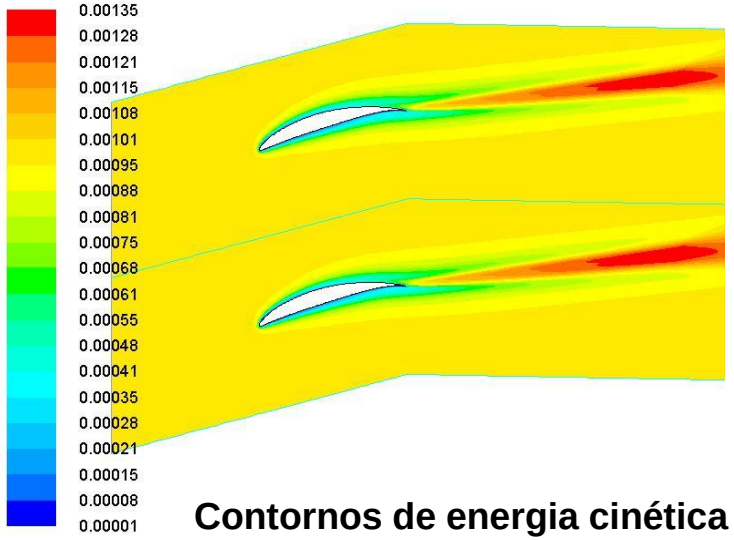
Malha gerada para o perfil inicial NACA65(15)-10.
122.688 elementos hexahedricos



Determinação da deflexão da grade atraves das linhas de corrente



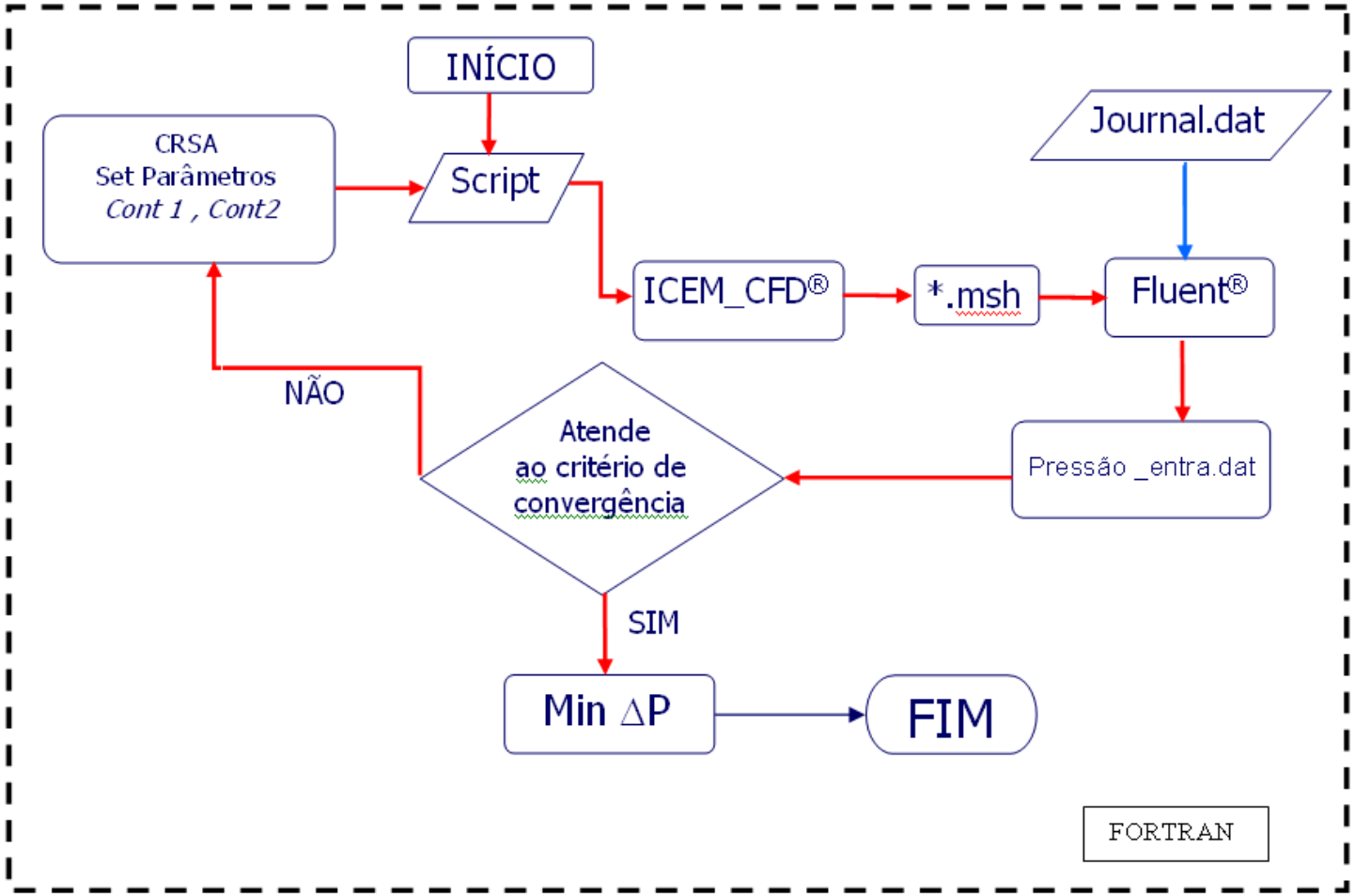
Contornos de pressão estática



Contornos de energia cinética de turbulência

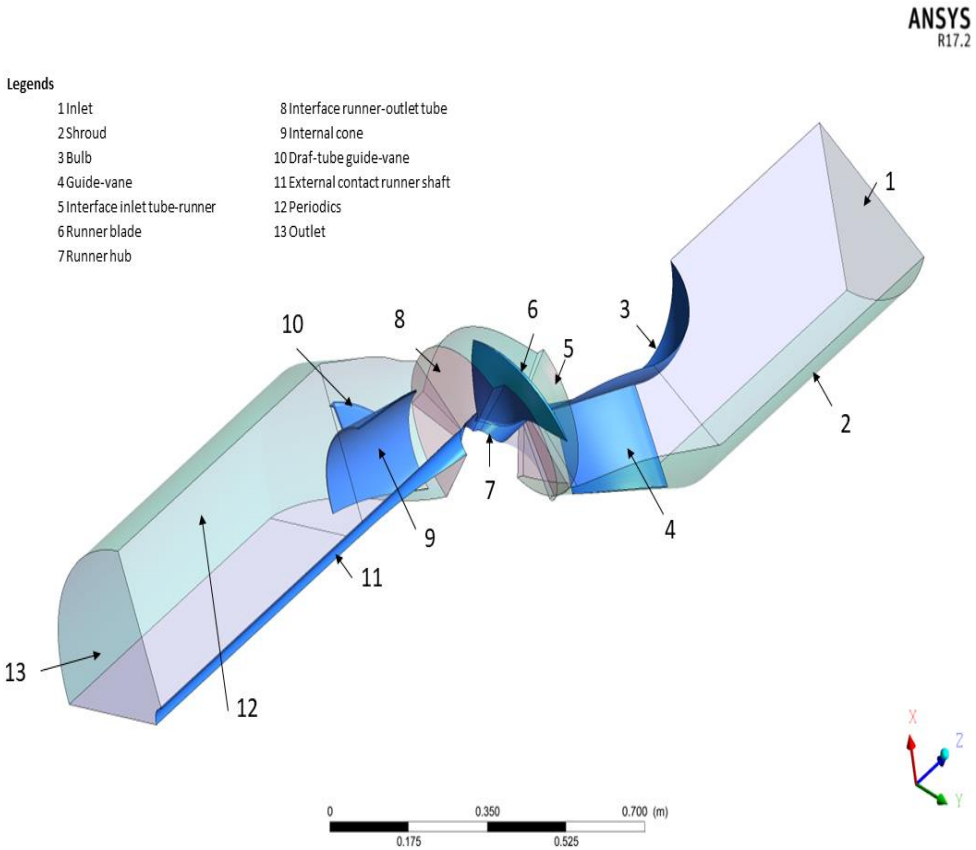
REALIZAÇÃO:
INOF
INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS

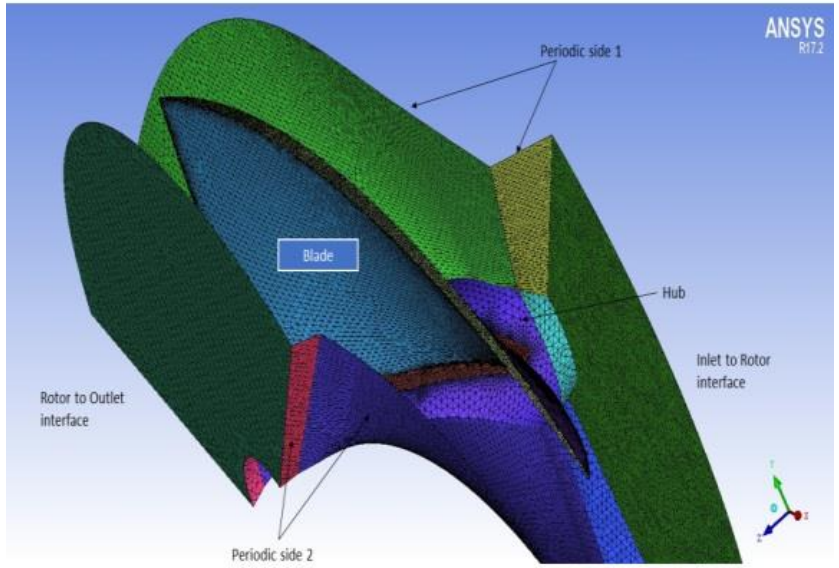
Fluxograma



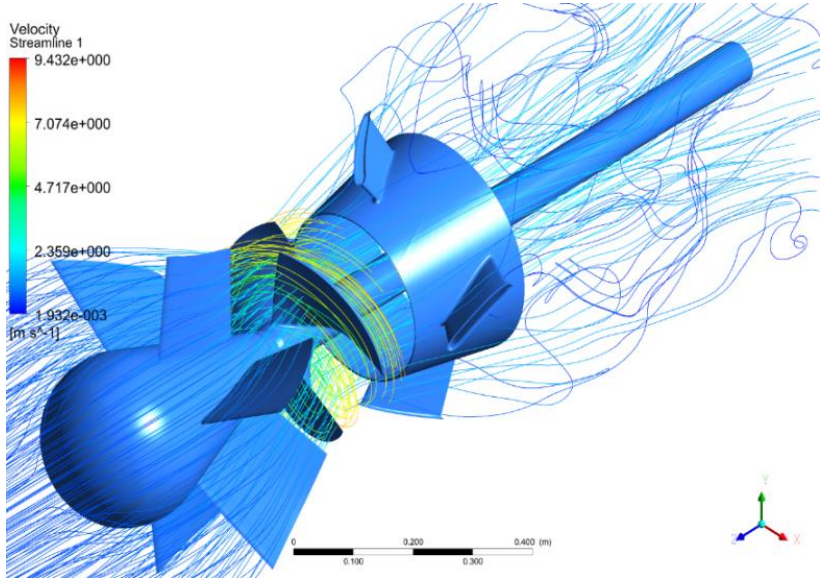
REALIZAÇÃO:
INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS

Geometria e malhas

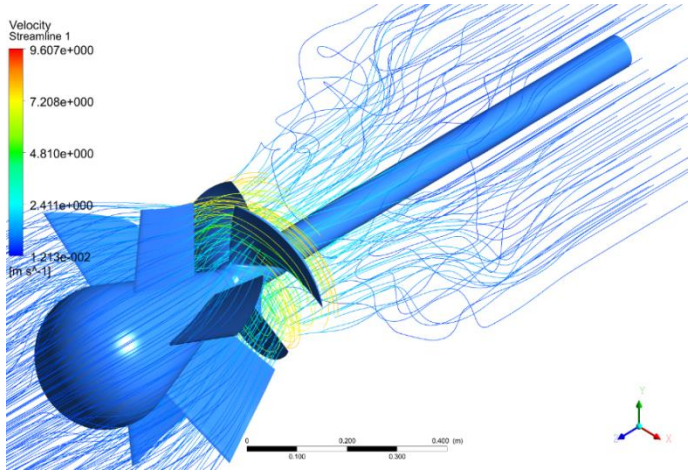




Resultados

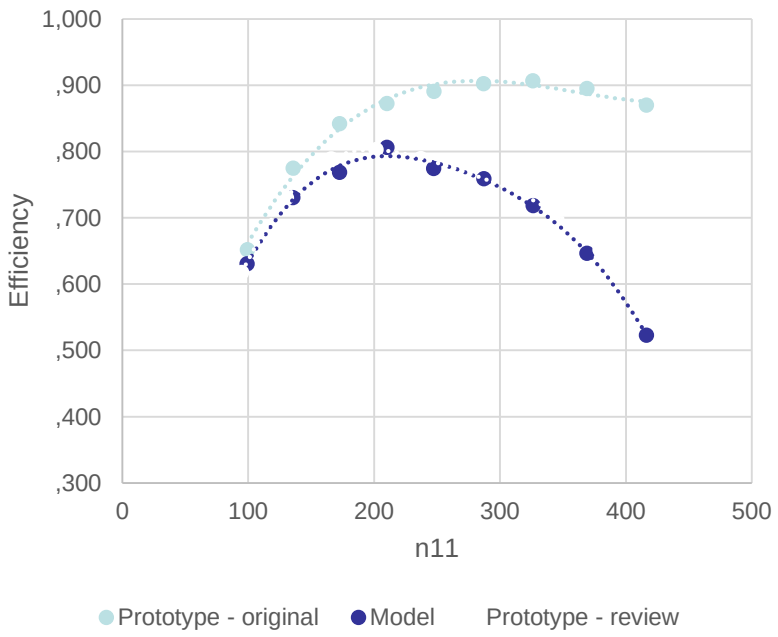


Velocity streamline for n = 413 rpm, $Q_{theoretical}$ = 0.207 m³/s

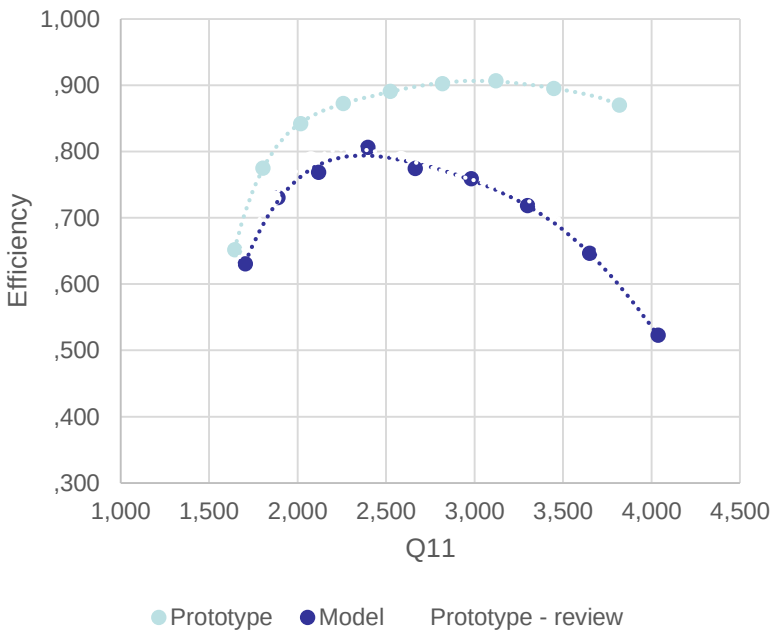


Velocity streamline for n = 413 rpm, $Q_{theoretical}$ = 0.207 m³/s

Resultados

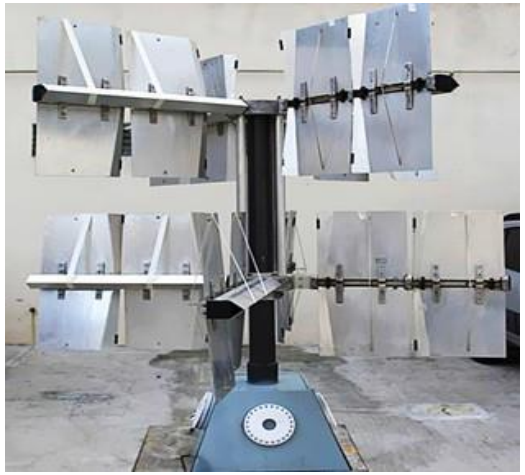


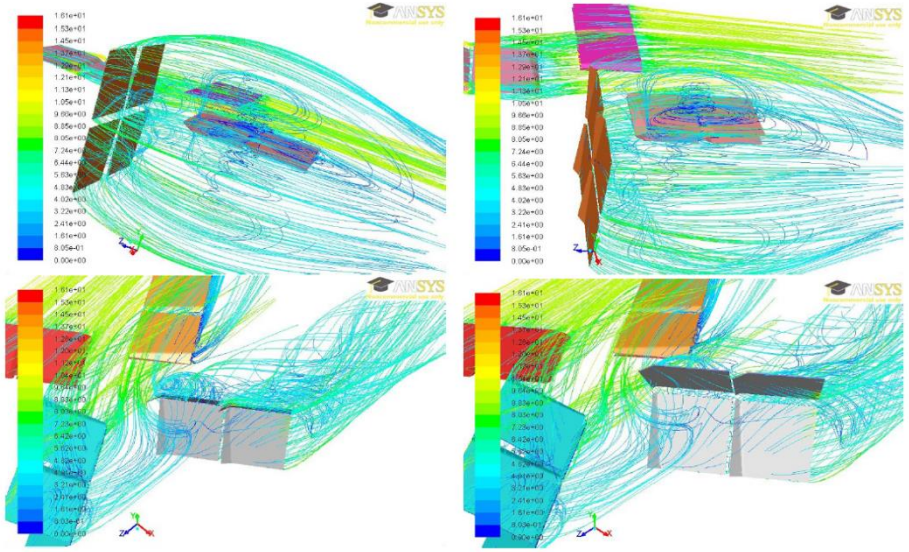
Comparison of efficiency versus n11 results among CFD analysis on Prototype (MARTIN et al, 2016), Model and Reviewed prototype.

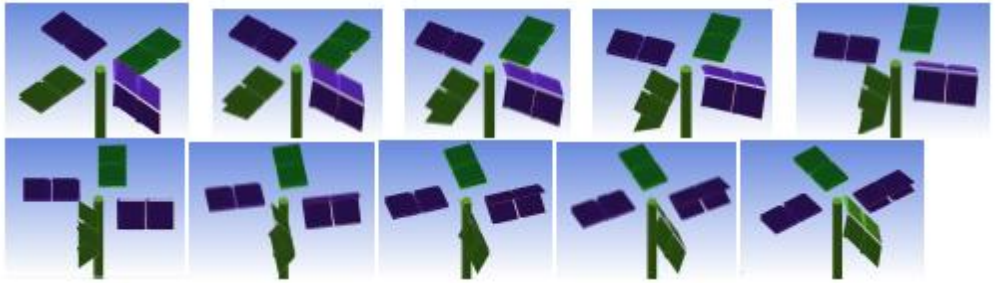


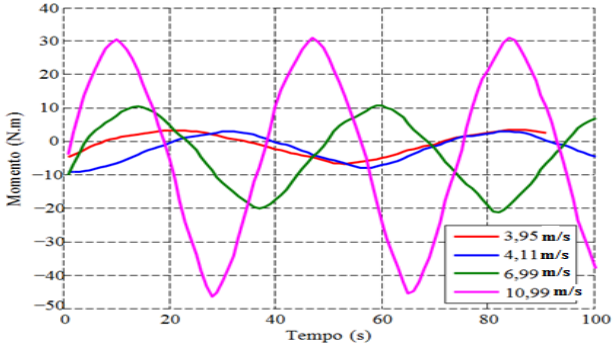
Comparison of efficiency versus Q11 results among CFD analysis on Prototype (MARTIN et al, 2016), Model and Reviewed prototype.

Estudo do comportamento de uma turbina eólica de eixo vertical com pás articuladas utilizando simulações computacionais e medições experimentais

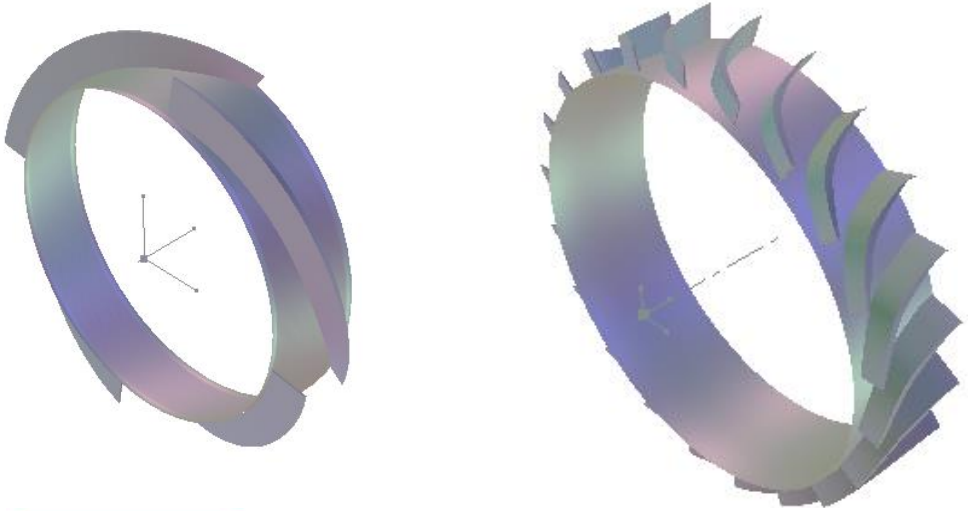


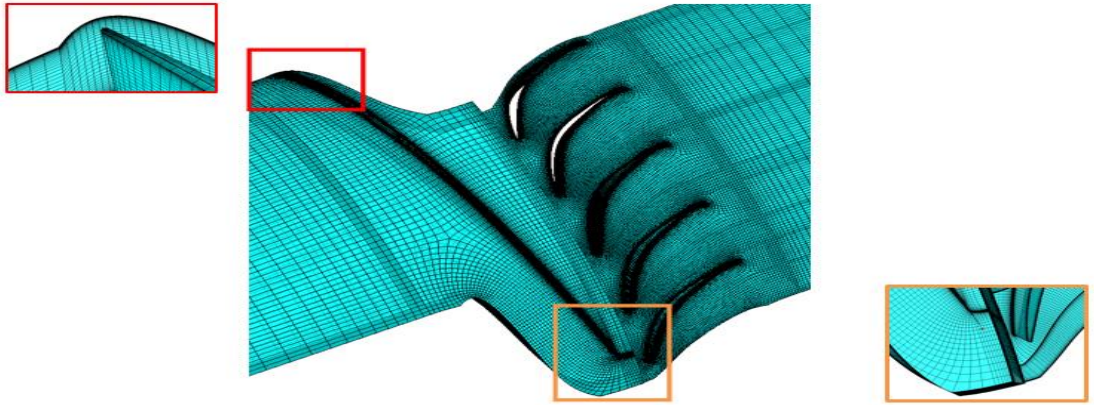


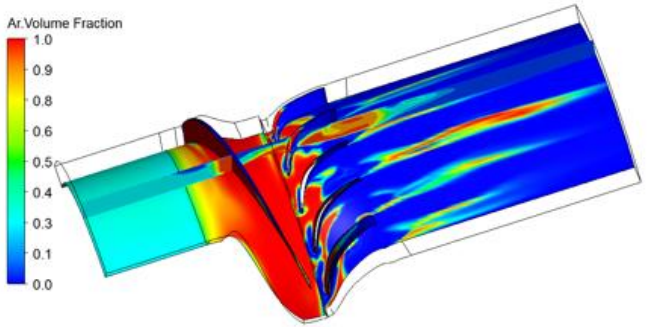


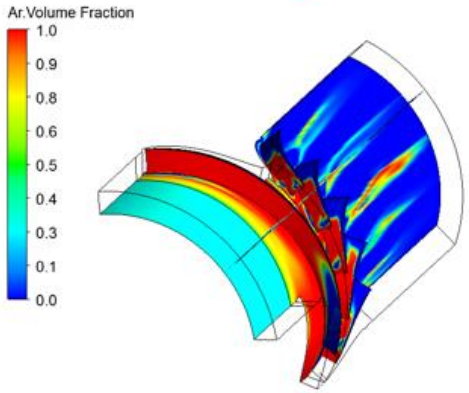


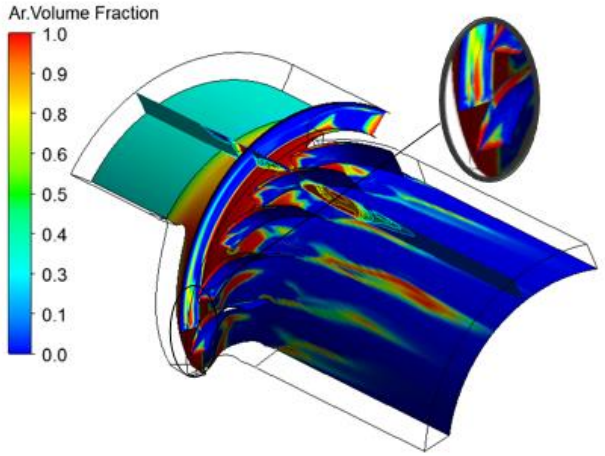
METHODOLOGY FOR HYDRODYNAMIC DESIGN OF STAGE OF ROTODYNAMIC MULTIPHASE PUMP









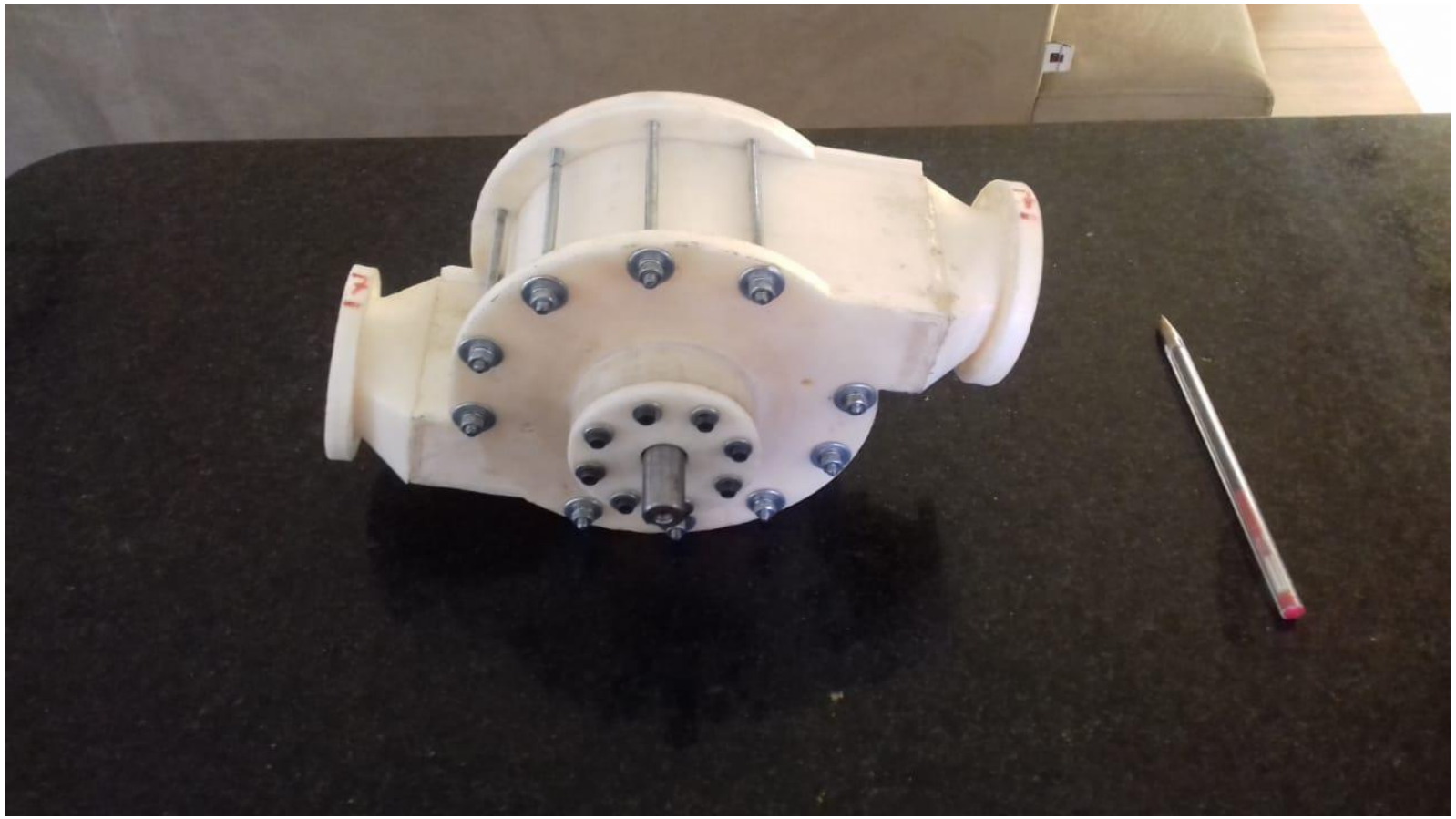


Laboratório de Hidrodinâmica Virtual

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Instituto de Eng. Mecânica

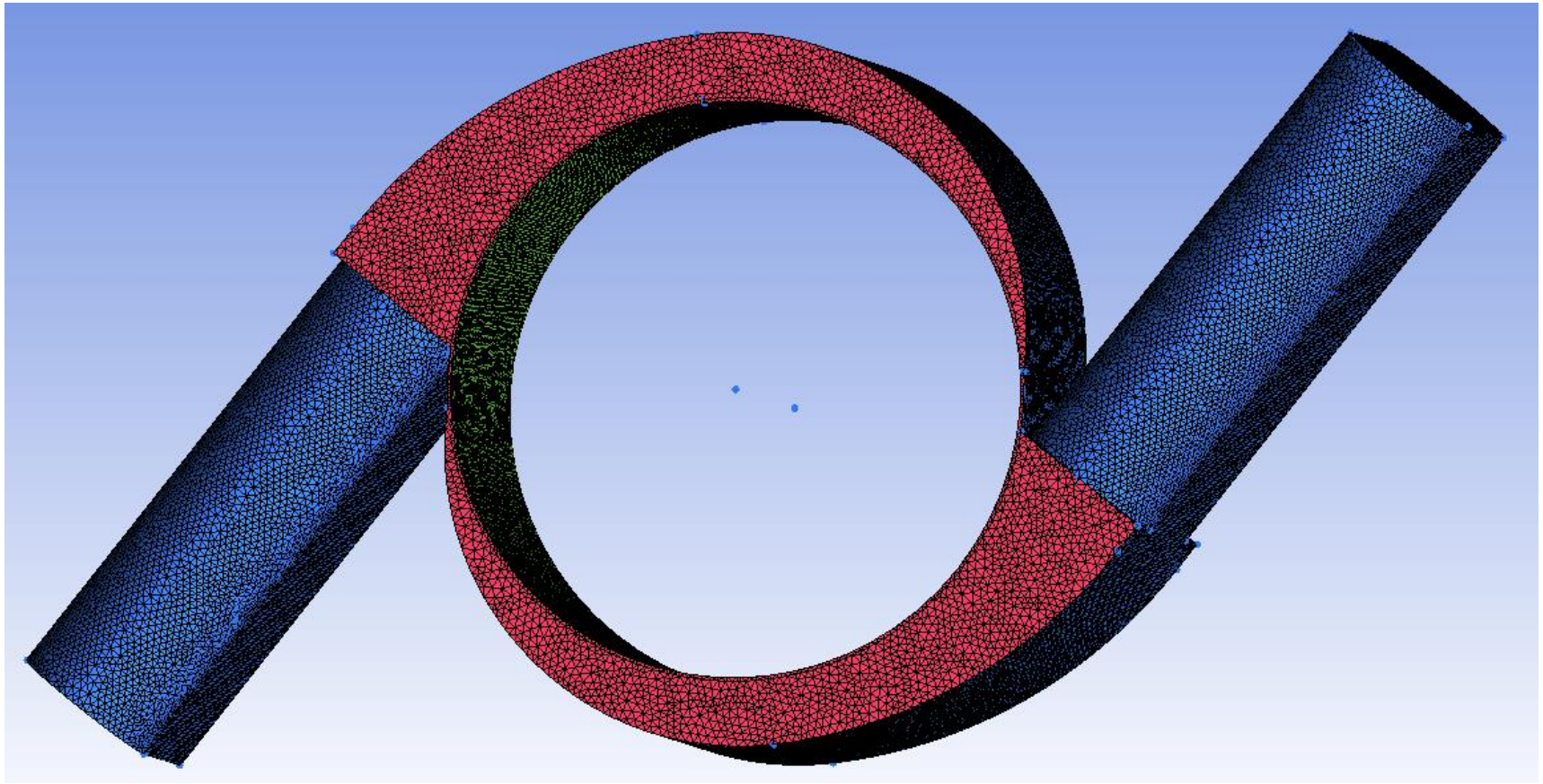
Modelagem CFD do Rotor de Fluxo Cruzado



Rotor de fluxo cruzado, escala reduzida

REALIZAÇÃO: INEOF INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS

Malha computacional do domínio inercial - voluta



Detalhe da voluta, região em verde representa a interfase para o acoplamento com o domínio rotor, total de elementos tetraedros 2.400.000, Foi utilizado o programa ICEM-CFD para a geração da malha.

REALIZAÇÃO: INCOF INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ENERGIAS OCEÂNICAS E FLUVIAIS

Turbina hidrocinética de alta eficiência

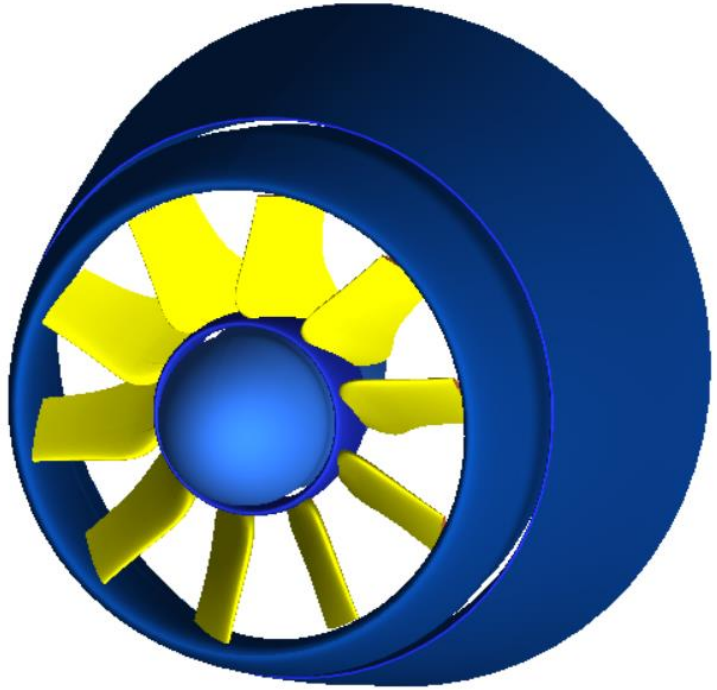
* ramirez@unifei.edu.br

Turbina Hidrocinética

- Dotada de difusor hidrodinâmico
- Diâmetro do Rotor:

  1 m
- Diâmetro da saída:

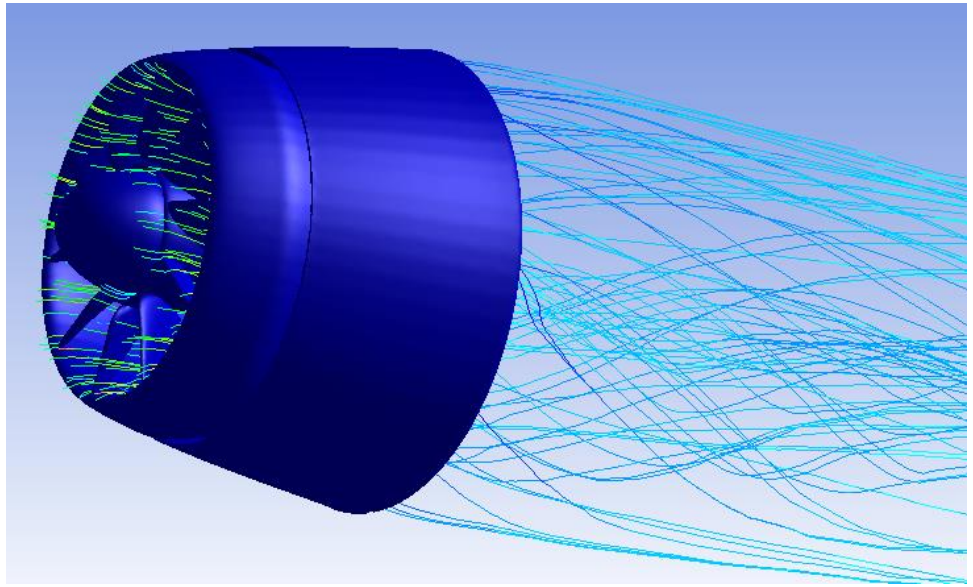
  1,48 m



Metodologia de Projeto

- Projeto Preliminar:
  - Simulação em simetria axial;
  - Rotor modelado por disco atuador;
  - Utilização de ferramentas de otimização.

- Projeto do Rotor:
  - Teoria da Asa de Sustentação;
  - Simulação numérica em 3 dimensões da máquina completa.

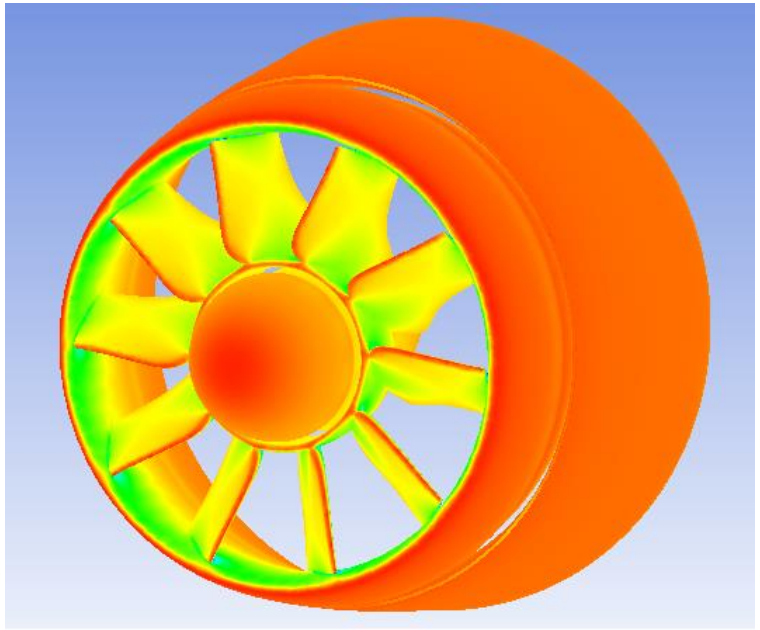


Análises Numéricas Preliminares (Ponto de Projeto)

- Potência estimada:

  4,2 kW

- Cp(Asaída) = 35,5%



Obrigado!

Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho
Prof. Dr. Alessandro Luvizon Bérgamo
Prof. Dr. Ramiro Gustavo Ramirez Camacho