

# Projeto de dinâmica dos fluidos

Isaac Moura de Alencar 17/0059171

04 de Dezembro de 2020

## 1 Introdução

Foi apresentado o seguinte problema: Uma instalação de bombeamento tem apresentado problemas em uma seção de tubulação de 1 metro de comprimento e 40 mm de diâmetro. A perda de carga foi medida usando sensores de pressão, e mensurou-se uma queda de pressão de 2 Pa. A bomba que supre esta tubulação com água está operando em potência máxima. Também se mediu a vazão deste escoamento, obtendo um valor de 0,0001 metro cúbico por segundo na saída do tubo. O projeto de CFD deve:

- Determinar se estes valores de vazão e perda de carga estão coerentes ou não, e o motivo para isto.
- Apresentar possibilidades de problemas em caso dos valores colocados acima não estarem coerentes.
- Usando a simulação apresentada, realizar um estudo paramétrico do tamanho dos elementos de malha para avaliar se o cenário acima é normal ou não para esta instalação. O seguinte comentário sobre a metodologia CFD foi feito por white:

”A grande mudança durante a última década foi que os engenheiros, em vez de programar arduamente os problemas de CFD eles próprios, podem agora tirar proveito de algum dos diversos códigos comerciais de CFD. Esses pacotes de software abrangentes possibilitam aos engenheiros construir uma geometria e condições de contorno para simular um dado problema de escoamento viscoso. O software faz então a malha da região de escoamento e procura calcular as propriedades em cada elemento da malha. A conveniência é grande; o perigo também é grande. Ou seja, os cálculos não são meramente automáticos, como quando se usa uma calculadora de mão, mas antes requerem cuidado e atenção do usuário. Convergência e precisão são problemas reais para o encarregado da modelagem” [1]

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Objetivo do projeto

O objetivo do projeto é aferir o valor da perda de carga na tubulação apresentada a partir de um estudo paramétrico e comparar este resultado com o apresentado

no enunciado do problema. Em caso de discrepância dos resultados justificar tal discrepância a partir do estudo paramétrico e da literatura disponível.

## **2.2 Finalidade do projeto**

O projeto tem fim acadêmico de modo que demonstre a visualização do escoamento citado e dos parâmetros através da simulação computacional e de cálculos feitos utilizando a teoria de Dinâmica dos Fluidos para se caracterizar o escoamento e confirmar os resultados obtidos de cada forma.

## **2.3 Hipóteses de simplificação podem ser adotadas**

O escoamento será considerado laminar devido às características do fluido e do tubo e para a facilitação dos cálculos do problema. A geometria do tubo é considerada simples, possibilitando a criação de uma malha boa e fiel para análise e simulação, porém, não complexa demais para a demanda do problema. O problema considera regime permanente. Trocas de calor não serão consideradas. Filtrar os parâmetros que necessitam de simulação para averiguar o problema e efetuar os cálculos, para assim não haver simulações desnecessárias.

## **2.4 Hipóteses de simplificação devem ser adotadas**

O escoamento será considerado laminar devido às características do fluido e do tubo. A geometria do tubo é considerada simples, possibilitando a criação de uma malha boa e fiel para análise e simulação, porém, não complexa demais para a demanda do problema. O problema considera regime permanente. Trocas de calor não serão consideradas

## **2.5 Precisão requerida nos resultados do projeto**

Devido a simplicidade do problema onde há uma suposta perda de carga de 2 Pa, a precisão requerida deve ser de duas a três casas decimais, já que desse modo não será necessário muito poder computacional assim como caso a perda de carga seja próxima da relatada no problema variações menores que isso seriam de impacto pequeno.

## **2.6 Prazo de entrega do projeto**

Dia 4 de dezembro de 2020

## **2.7 Requisitos da solução**

O requisito de solução do Projeto de CFD é a vazão e pressão no interior da instalação mencionada. Com estes valores, será executado um estudo paramétrico de modo a avaliar se estes resultados são suficientes para atender os objetivos.

## **2.8 Detalhamento do domínio do calculo**

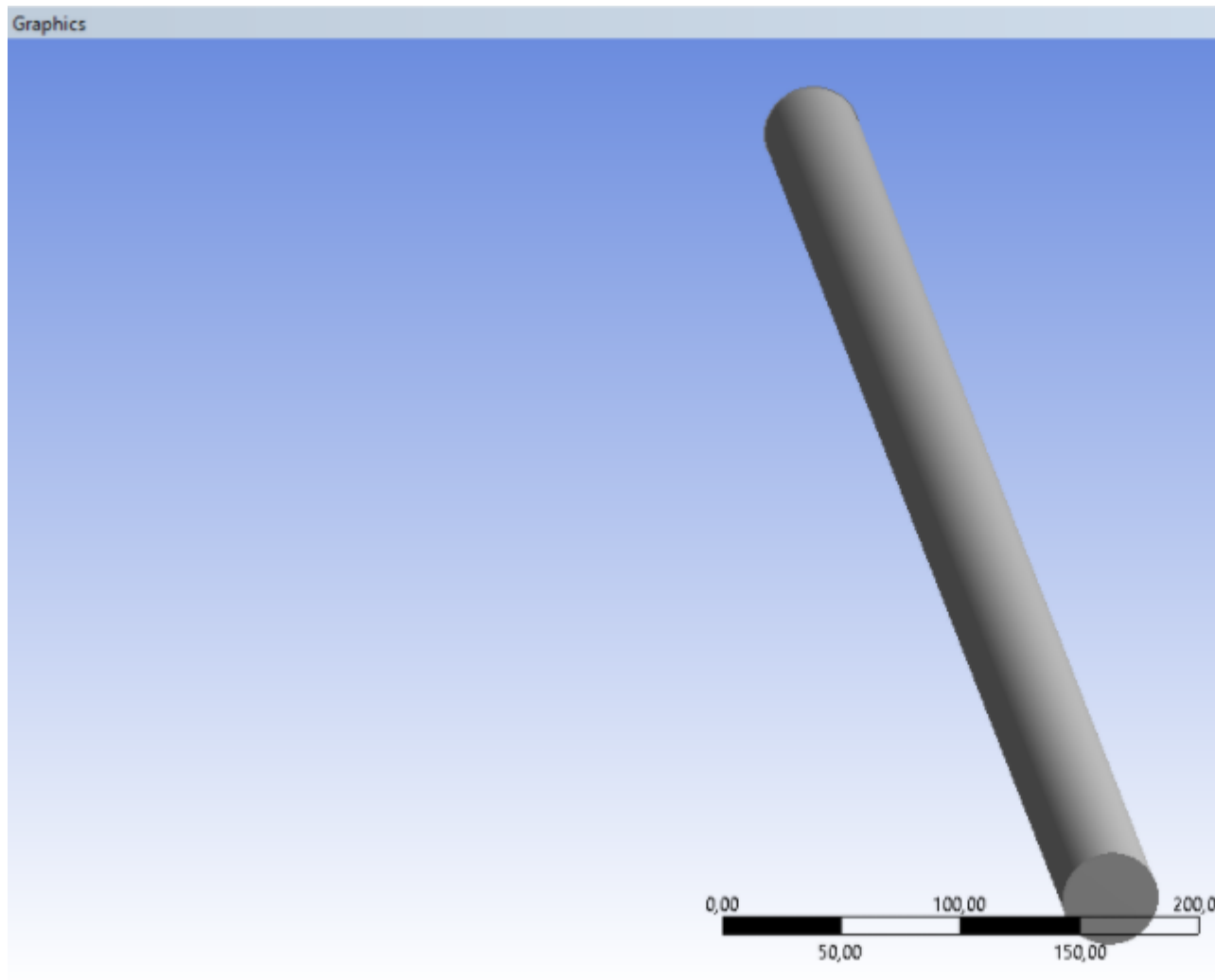
Devido a simplicidade do problema não é necessário um detalhamento muito elevado. Contudo pelo mesmo motivo relatado acima aumentos na precisão ou detalhamento da simulação não resultaram em tão significativo aumento no tempo de processamento.

## **2.9 Especificações do computador utilizado**

Processador Intel® Core™ i5-4440 CPU @ 3.10 GHz 3.10 GHz. Memória instalada 8,0 GB. Placa de vídeo Nvidia GTX 1050 TI. Sistema operacional: Windows 10 home.

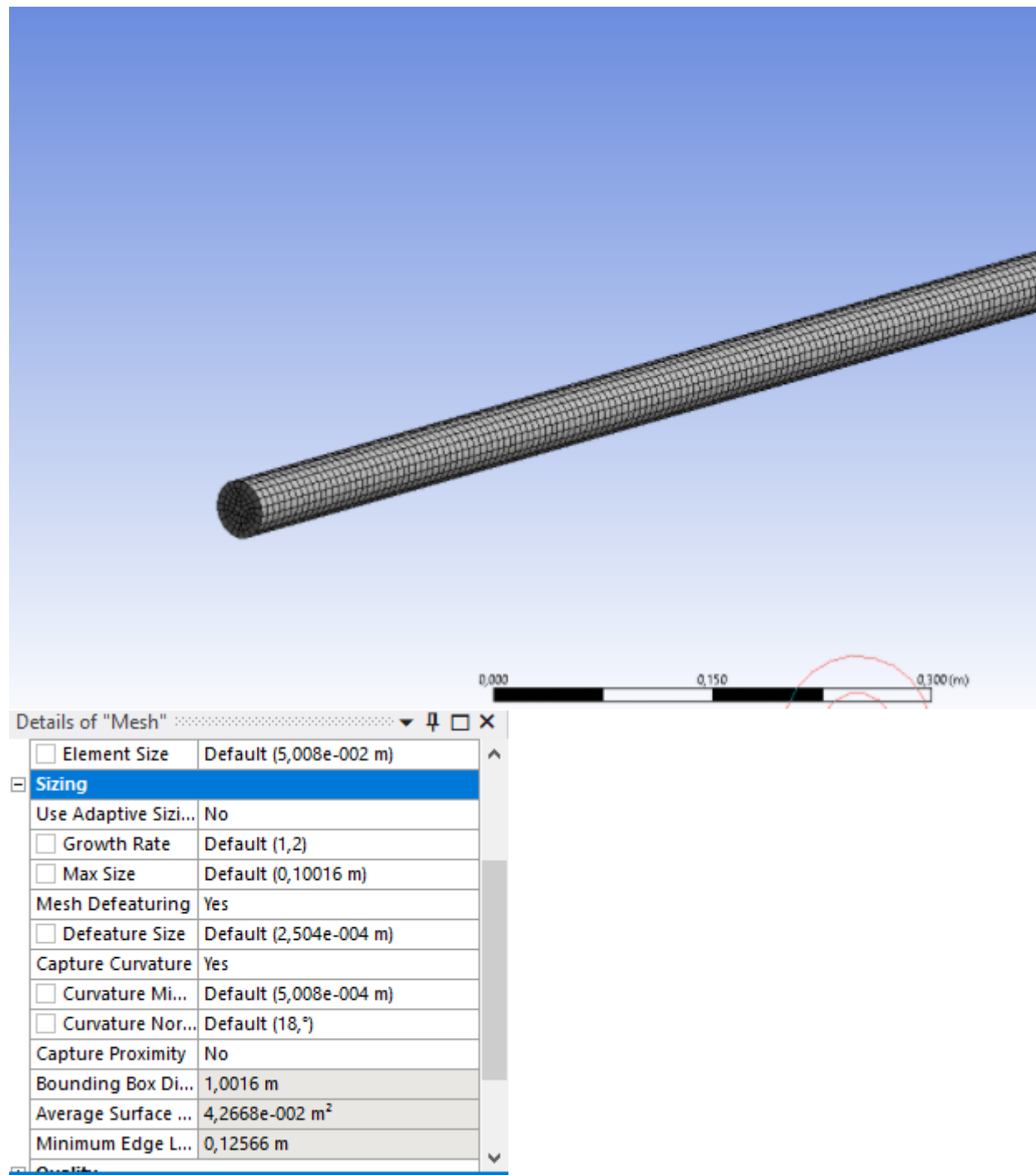
## 3 Resultados e Análise

### 3.1 Geometria



### 3.2 Malha obtida:

Devido a simplicidade da geometria e a simplicidade do problema a malha utilizada foi a gerada automaticamente pelo programa (hexaédrica simples e estruturada), visto que ela possui bons valores de “Skewness” e de qualidade ortogonal como as imagens a seguir demonstram:



Check Mesh Quality	yes, Errors
<input type="checkbox"/> Target Skewness	Default (0.900000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Skewness
<input type="checkbox"/> Min	7,0459e-002
<input type="checkbox"/> Max	0,47313
<input type="checkbox"/> Average	0,2149
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	9,305e-002
<b>Quality</b>	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
<input type="checkbox"/> Target Skewness	Default (0.900000)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Orthogonal Quality
<input type="checkbox"/> Min	0,82069
<input type="checkbox"/> Max	0,99615
<input checked="" type="checkbox"/> Average	0,96372
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	4,0262e-002

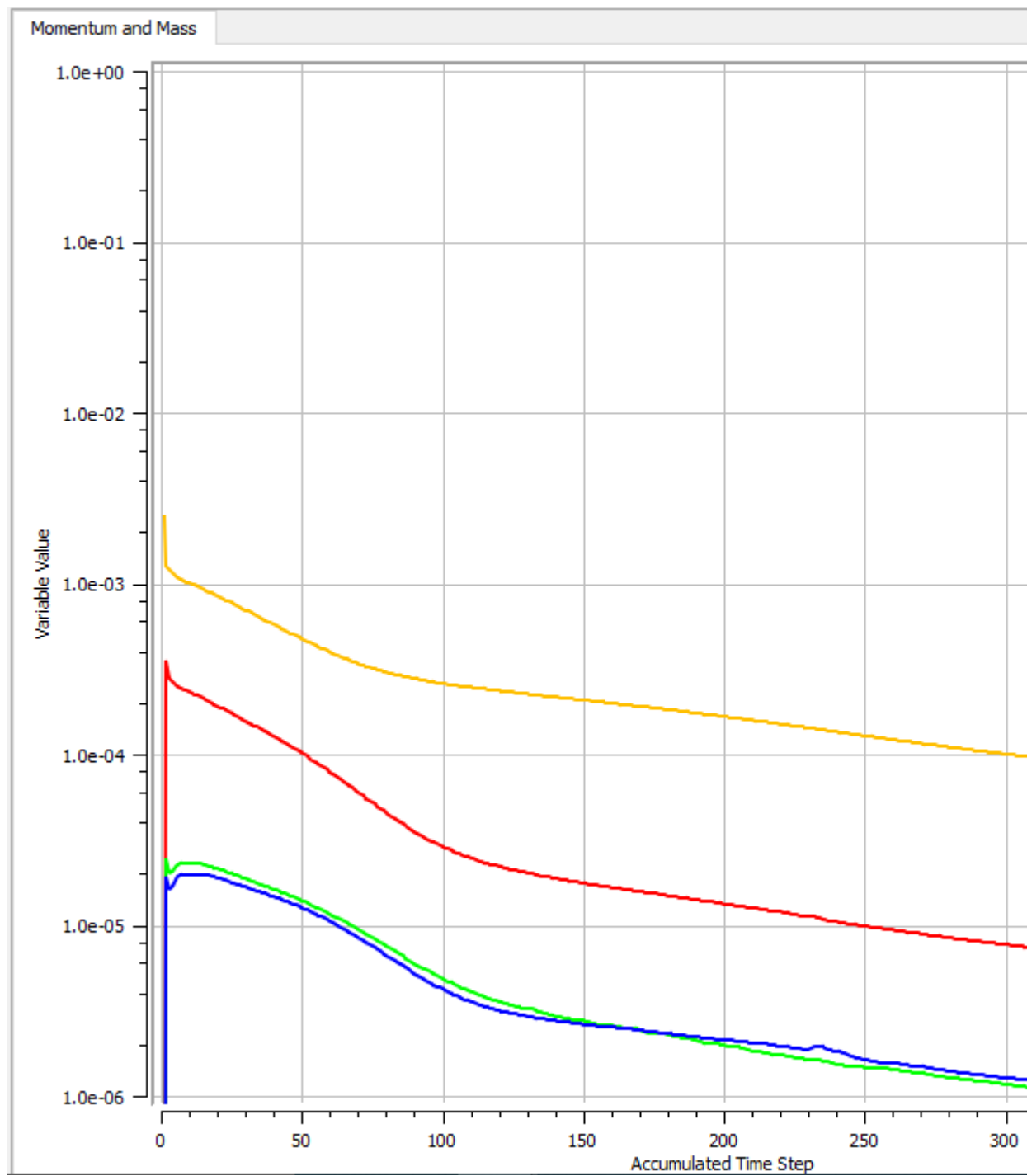
### 3.3 Condições de contorno utilizadas

Utilizou-se da vazão mássica calculada a partir da vazão volumétrica dada no problema como condição de contorno tanto na entrada quanto na saída da tubulação.

### 3.4 Resultados

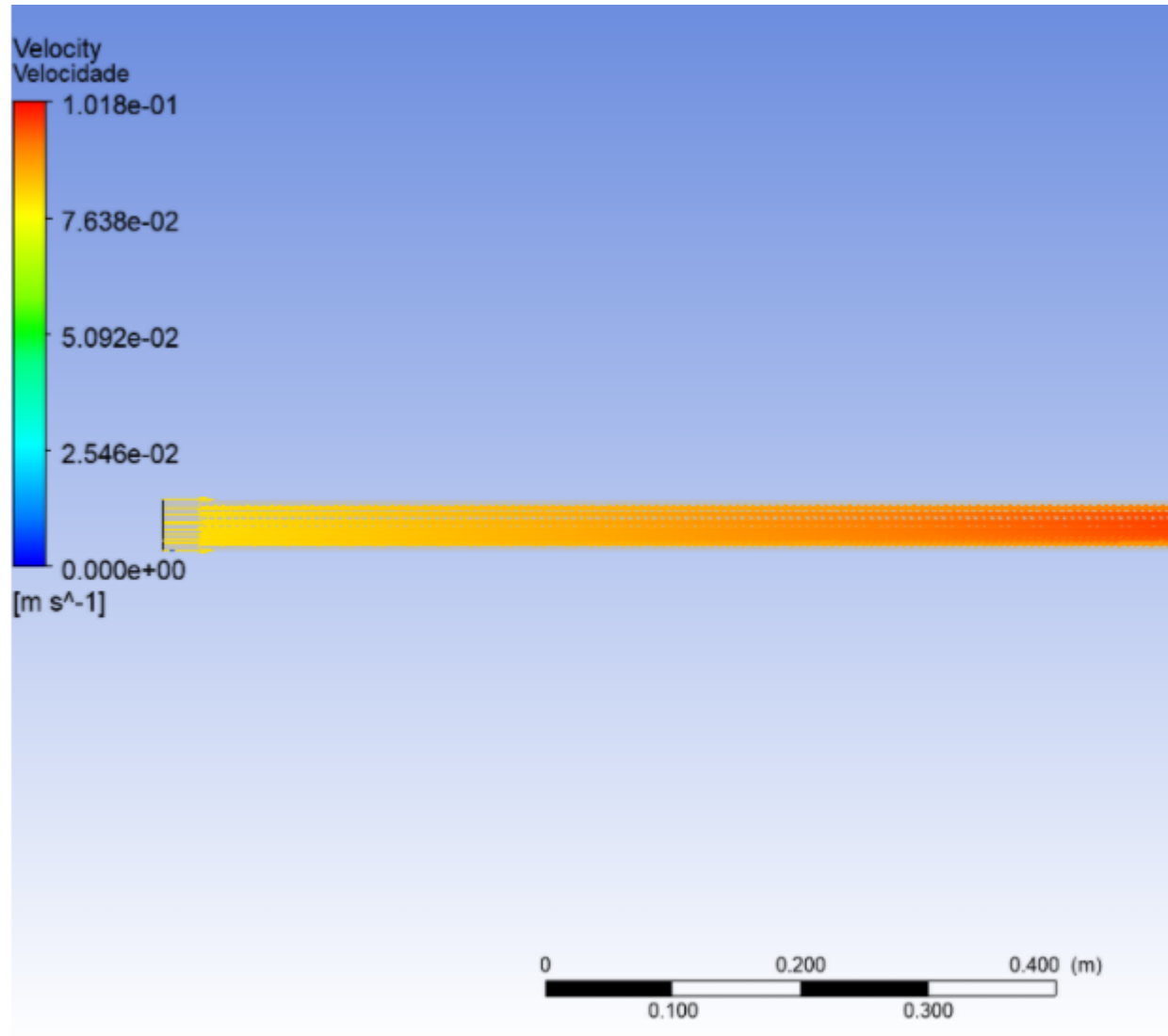
#### 3.4.1 Histórico de convergência

Como pode ser observado na imagem a seguir todas as curvas seguem para baixo indicando convergência de resultados.

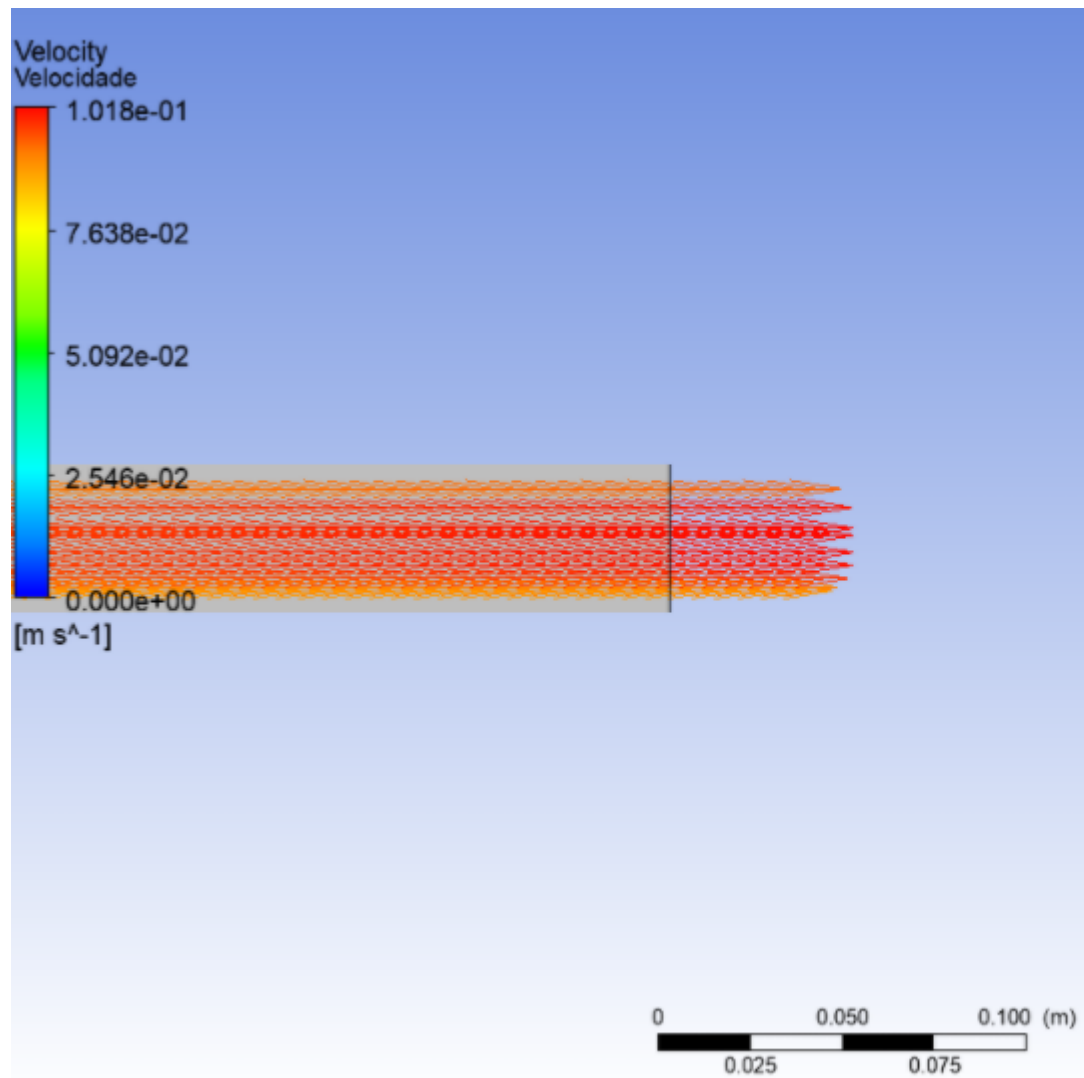


### 3.4.2 Vetor velocidade ao longo do escoamento

Nota-se ao observar as seguintes imagens que os vetores na saída do tubo formam quase uma parábola, o que é o esperado de um escoamento plenamente desenvolvido pois as partículas mais próximas da parede são desaceleradas pela

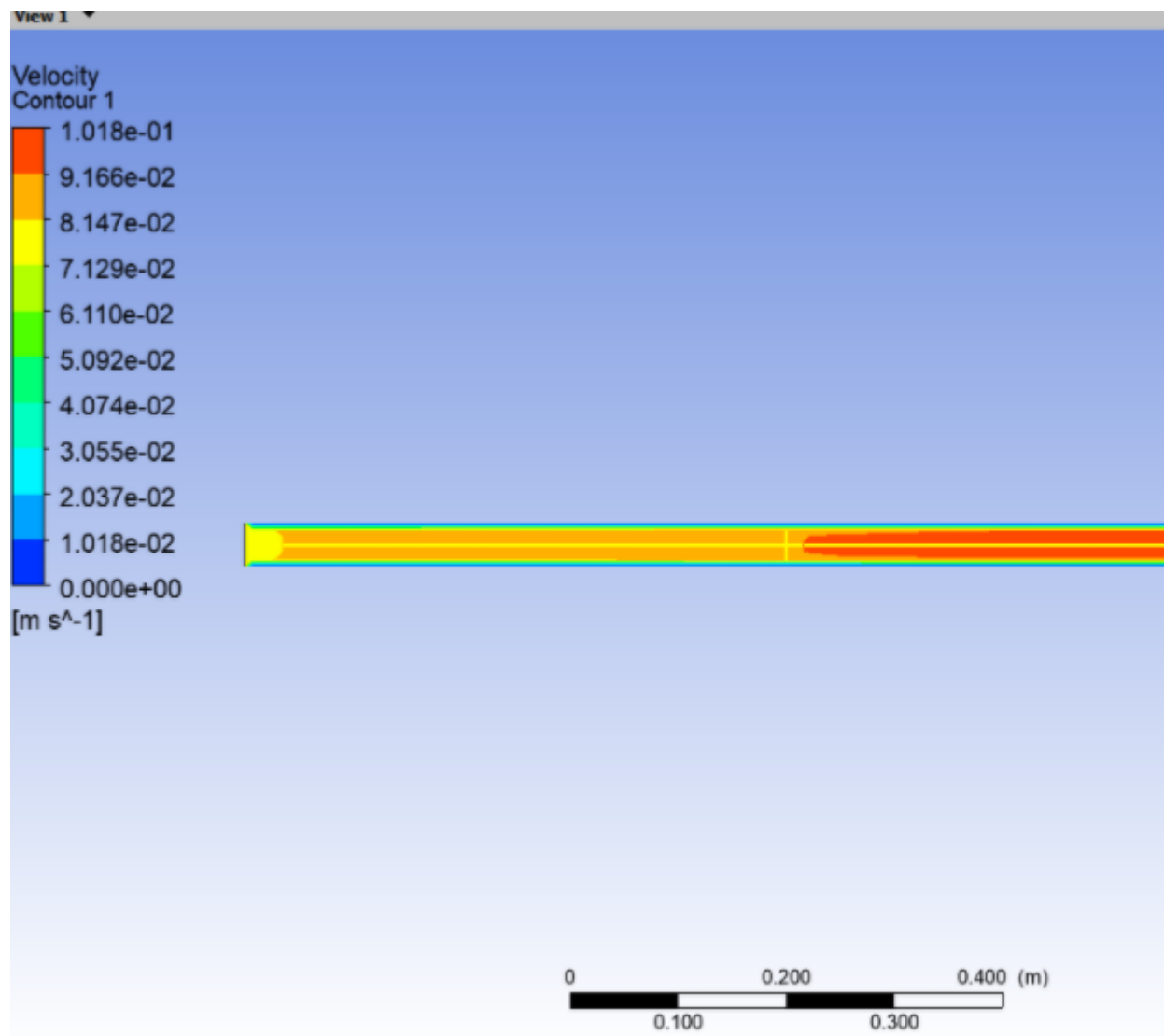




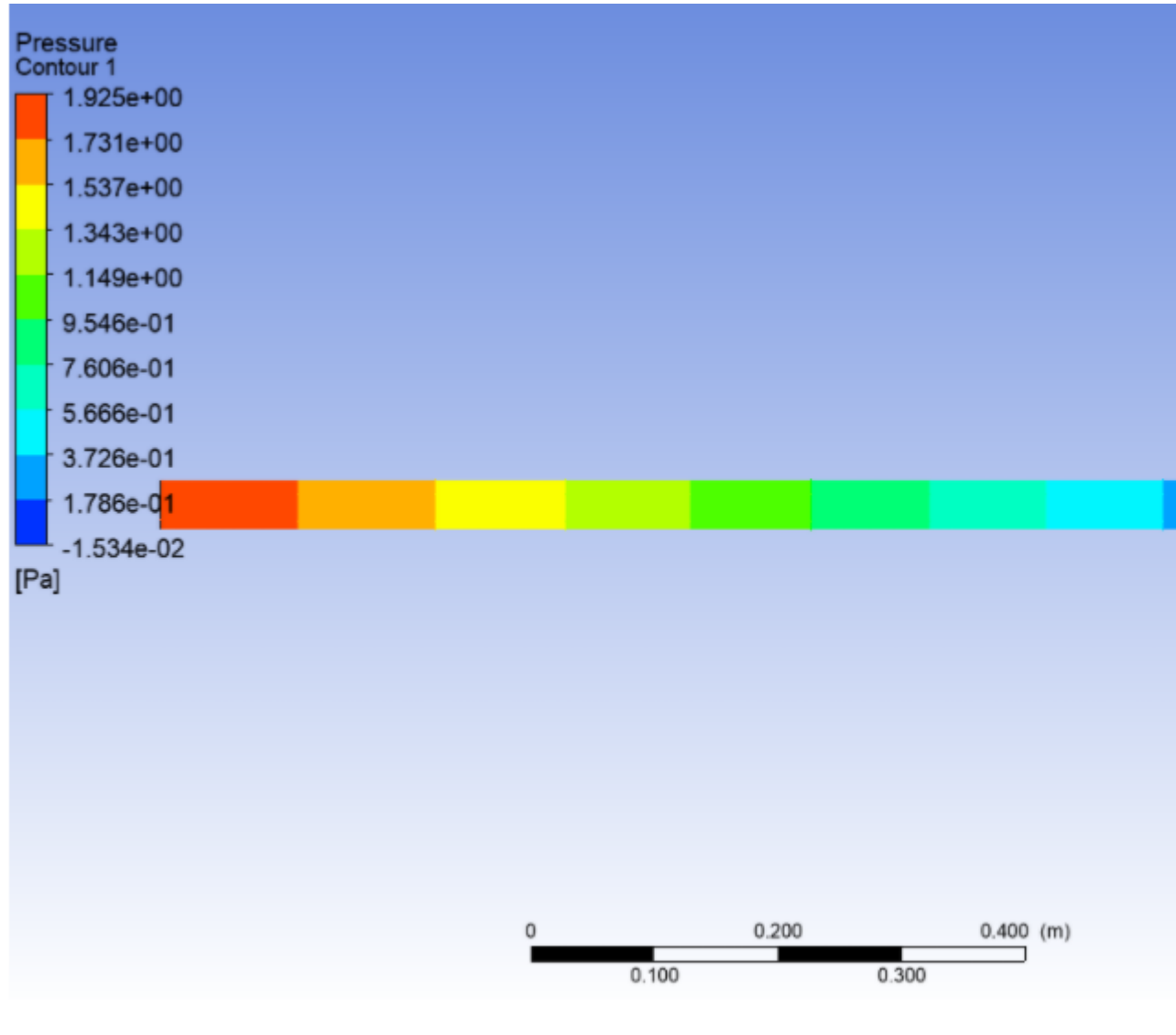


### 3.4.3 Distribuição de velocidade:

Nota-se ao observar a seguinte imagem que até a marca de 0,5m a distribuição de velocidade é relativamente uniforme, e que após essa marca nota-se que o fluido no centro acelera enquanto o fluido próximo das paredes fica mais lento, caracterizando um escoamento plenamente desenvolvido.



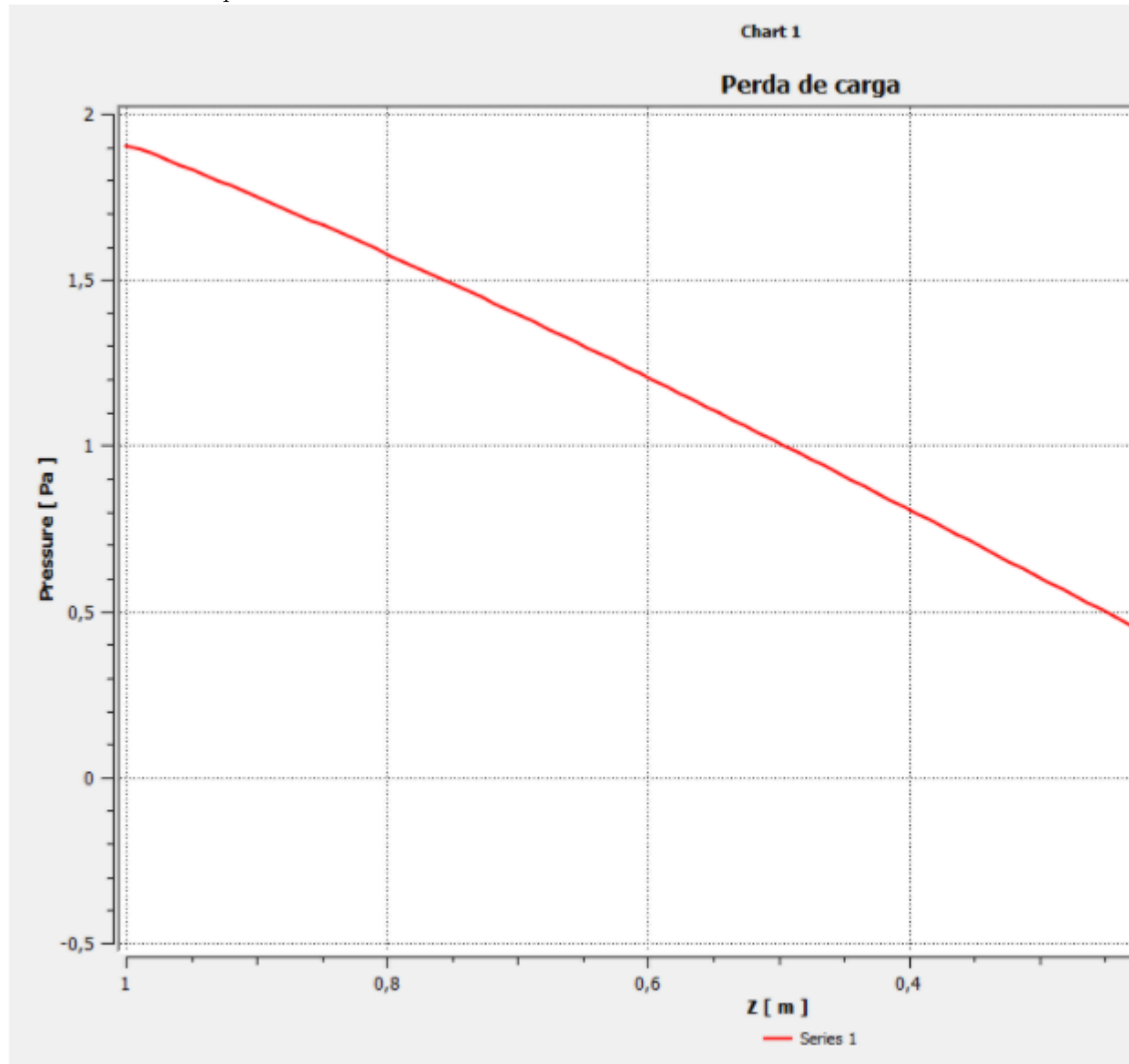
#### 3.4.4 Pressão ao longo do escoamento e perda de carga



Nota-se ao observar a imagem acima que diferentemente do esperado a perda de carga foi de 3.459 Pa, o que a princípio seria, contudo, a escala do domínio desta representação é global, logo essas pressões podem não necessariamente representar a pressão na entrada e na saída da tubulação.

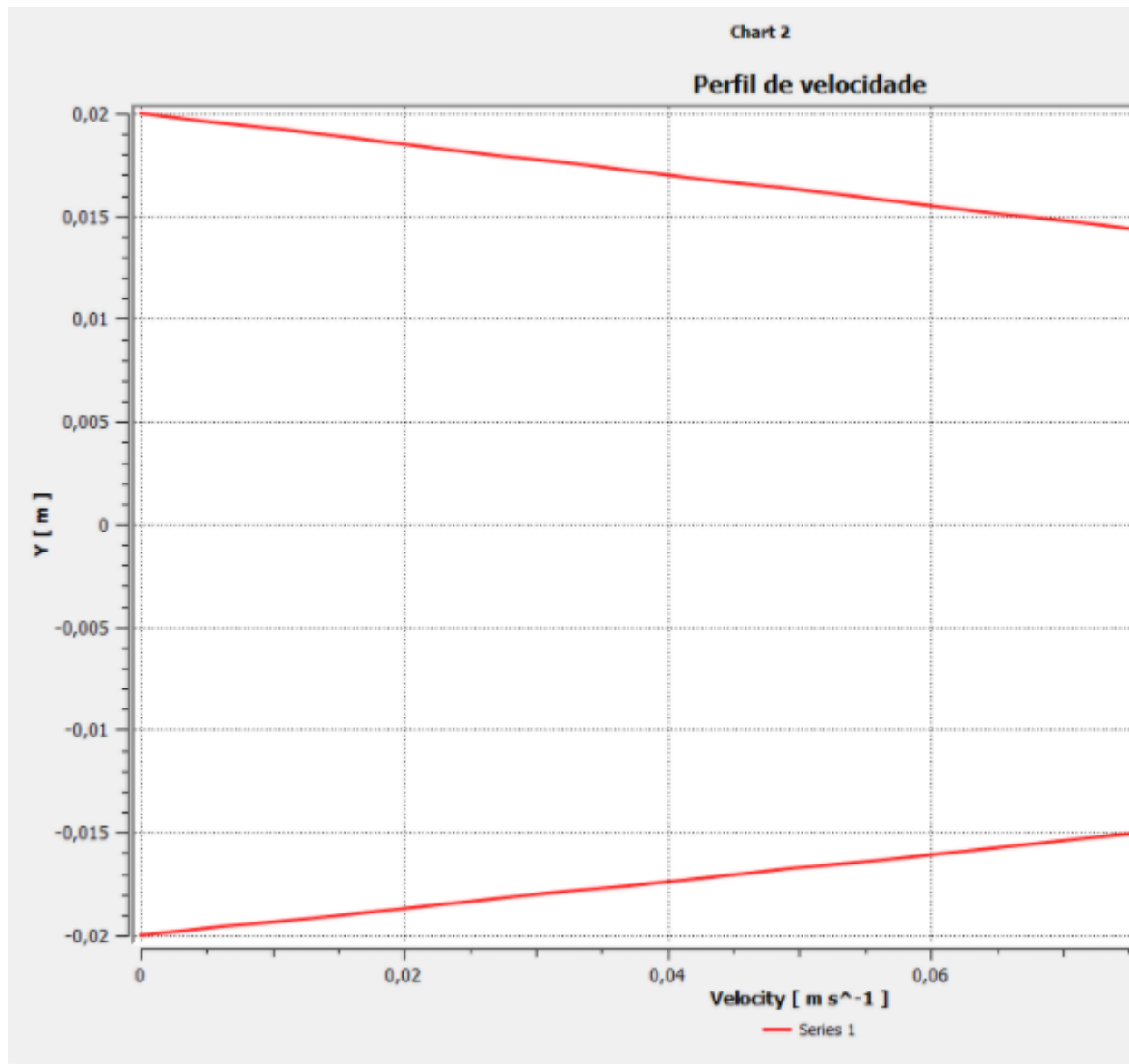
Diferentemente da representação anterior, no gráfico seguinte foi obtido um resultado que possivelmente valida a hipótese sugerida no início do problema, com uma perda de carga de 1,9 (muito mais próximo de 2Pa que 3.459). Tal discrepância pode ser explicada pelo gráfico possuir resultados mais locais em-

quanto o contorno utiliza de resultados mais globais. Por consequência o gráfico possui o resultado mais preciso e esse será o utilizado na análise.



### 3.4.5 Perfil de velocidade

O gráfico seguinte mostra o que foi relatado e demonstrado nas anteriores, velocidades mais baixas conforme se aproxima das paredes e mais rápidas no centro formando uma parábola.



#### 3.4.6 Estudo paramétrico

Para realização do estudo com parâmetro utilizou-se das condições de contorno com melhores resultados (input e output com vazão mássica). Os tamanhos de elemento de malha utilizados foram respectivamente 5 valores igualmente espaçados entre 30mm e 70mm de tamanho de elemento de malha, assim como de 2 valores significativamente distante destes 5 para contraste de respectivamente 5mm e 150mm. Os resultados obtidos quanto a qualidade de malha e perda

de carga são descritos na seguinte tabela onde pode ser observado a qualidade da malha variou pouco nos intervalos de 30mm a 70mm, e também não variou com um tamanho muito grande(150mm), mas quando foi reduzida a 5mm a qualidade ortogonal da malha caiu para um valor muito baixo, enquanto o “skewness” se manteve próximo do que era anteriormente. Tal mudança na qualidade da malha foi refletida no resultado obtido para perda de carga.

Element size: ▼	Qualidade ortogonal minimo: ▼	Skewness maximo ▼	Perda de carga(Pa): ▼
30 mm	0,803	0,473	1,9
40 mm	0,821	0,473	1,9
50 mm (padrao)	0,821	0,473	1,9
60 mm	0,821	0,473	1,9
70 mm	0,82	0,474	1,9
5mm	0,684	0,423	2,6
150mm	0,821	0,473	1,9

## 4 Conclusões

A partir da análise dos resultados obtidos pode ser concluído que a perda de carga relatada é normal para a instalação especificada, assim como que para este problema o tamanho do elemento de malha e de baixo impacto a menos que o mesmo possua tamanho muito pequeno.

## Referências

- [1] Frank M. White. *Mecânica dos fluidos*.