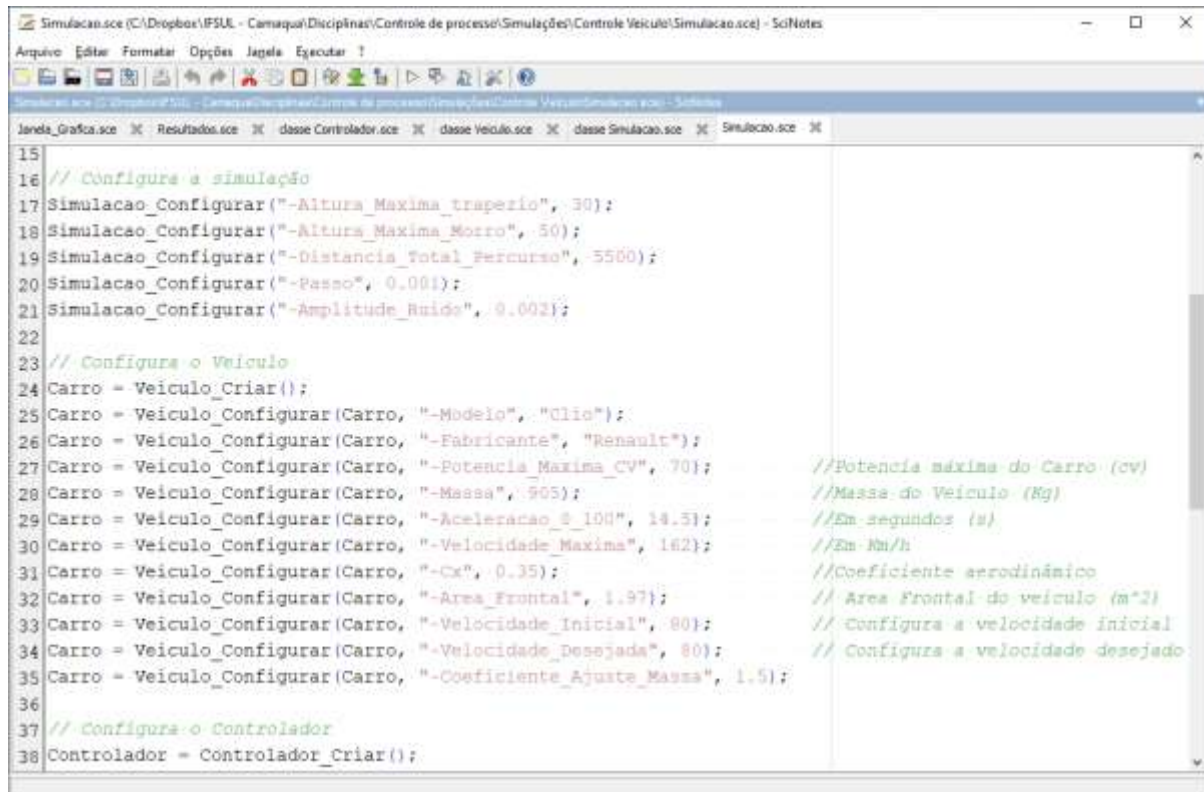


## TRABALHO FINAL DE CONTROLE DE PROCESSOS

A empresa *Xord* (braço automotivo da *Xing Ling 山寨*) está desenvolvendo um novo piloto automático para o modelo de carro **Kord X**. O sistema será responsável por manter a velocidade do veículo constante ou o mais próxima possível da velocidade ajustada pelo motorista. Para atingir este objetivo, foi escolhido o **controlador PID** (Proporcional-Integral-Derivativo), e a sua tarefa é ajustar os ganhos desse controlador ( $K_p$ ,  $K_i$  e  $K_d$ ).

Para acelerar o desenvolvimento do controlador, foi criado um modelo básico do carro utilizando o software **SciLab®**.



```

15
16 // Configura a simulação
17 Simulacao_Configurar("-Altura_Maxima_trapezio", 30);
18 Simulacao_Configurar("-Altura_Maxima_Morro", 50);
19 Simulacao_Configurar("-Distancia_Total_Percurso", 5500);
20 Simulacao_Configurar("-Passo", 0.001);
21 Simulacao_Configurar("-Amplitude_Ruido", 0.002);
22
23 // Configura o Veiculo
24 Carro = Veiculo_Criar();
25 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Modelo", "Clio");
26 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Fabricante", "Renault");
27 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Potencia_Maxima_CV", 70); //Potencia máxima do Carro (cv)
28 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Massa", 905); //Massa do Veiculo (kg)
29 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Aceleracao_0_100", 14.5); //Em segundos (s)
30 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Velocidade_Maxima", 162); //Em Km/h
31 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Cx", 0.35); //Coeficiente aerodinâmico
32 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Area_Frontal", 1.97); // Area Frontal do veiculo (m^2)
33 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Velocidade_Inicial", 80); // Configura a velocidade inicial
34 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Velocidade_Desejada", 80); // Configura a velocidade desejado
35 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Coeficiente_Ajuste_Massa", 1.5);
36
37 // Configura o Controlador
38 Controlador = Controlador_Criar();
  
```

Figura 1 - SciLab

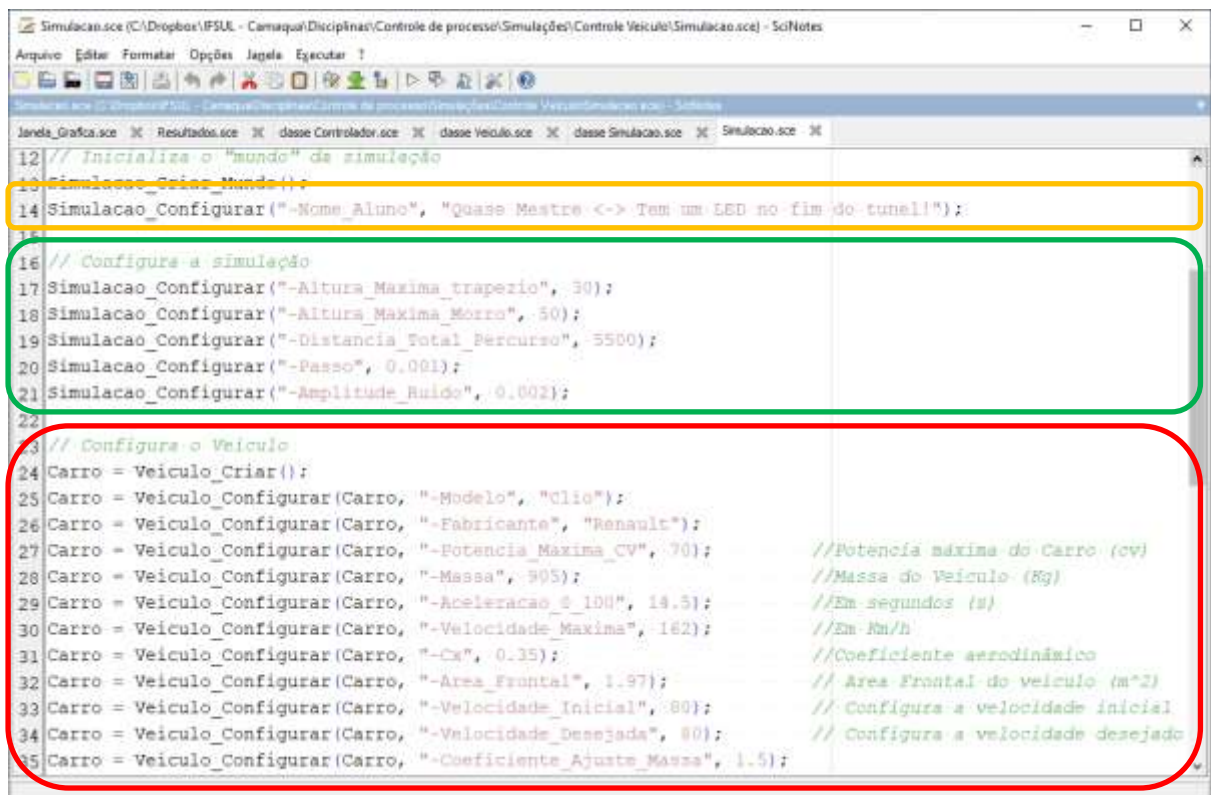
## Execução da Simulação

### 1. Download dos arquivos

- Baixe os arquivos necessários no Moodle.

### 2. Execução no SciLab

- Abra o SciLab e carregue o arquivo "**simulacao.sce**" no SciNotes.
- Localize as seções "*Simulacao\_Configurar*" e "*Veiculo\_Configurar*", onde se encontram as definições do carro e do sistema. (Para detalhes sobre como configurar os dados, consulte o tópico "**Execução do Trabalho**").
- Salve e execute o código pressionando **F5**.



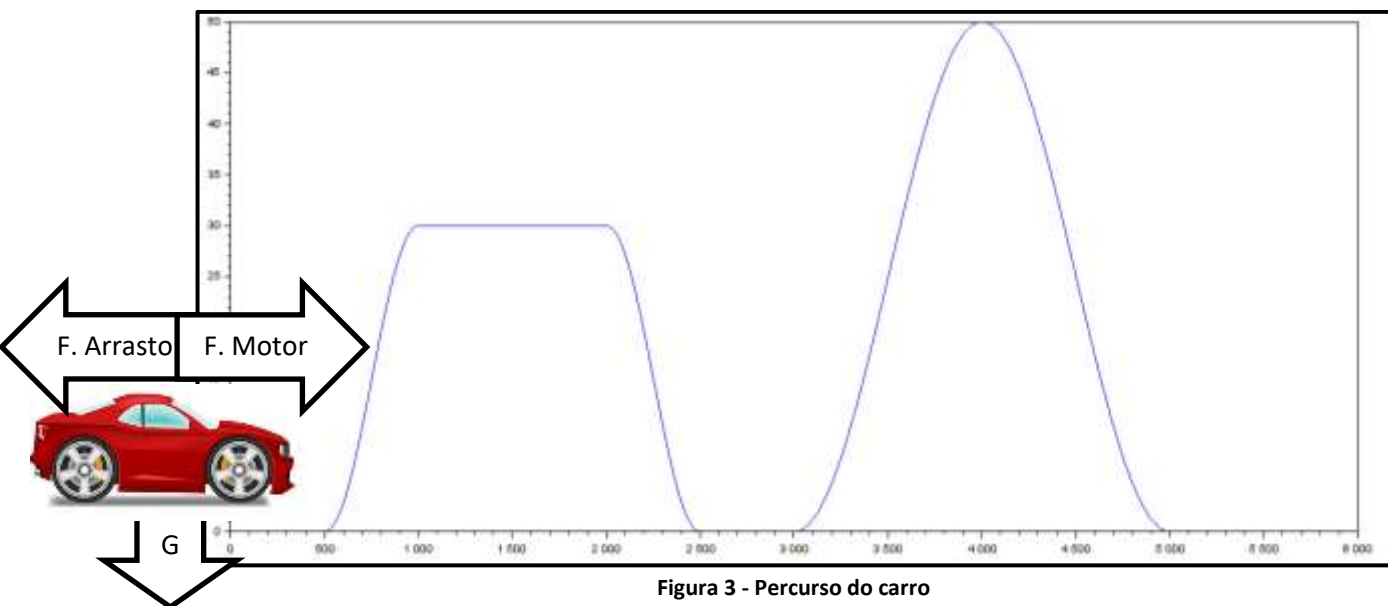
```

12 // Inicializa o "mundo" da simulação
13 simulacao_Criar_Mundo();
14 Simulacao_Configurar("-Nome_Aluno", "Quase Mestre <-> Tem um LED no fim do tunel!");
15
16 // Configura a simulação
17 Simulacao_Configurar("-Altura_Maxima_trapezio", 30);
18 Simulacao_Configurar("-Altura_Maxima_Morro", 50);
19 Simulacao_Configurar("-Distancia_Total_Percurso", 5500);
20 Simulacao_Configurar("-Passo", 0.001);
21 Simulacao_Configurar("-Amplitude_Ruido", 0.002);
22
23 // Configura o Veiculo
24 Carro = Veiculo_Criar();
25 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Modelo", "Clio");
26 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Fabricante", "Renault");
27 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Potencia_Maxima_CV", 70); //Potencia máxima do Carro (cv)
28 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Massa", 905); //Massa do Veiculo (kg)
29 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Aceleracao_0_100", 14.5); //Em segundos (s)
30 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Velocidade_Maxima", 162); //Em Km/h
31 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Cx", 0.35); //Coeficiente aerodinâmico
32 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Area_Frontal", 1.97); // Area Frontal do veiculo (m^2)
33 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Velocidade_Inicial", 80); // Configura a velocidade inicial
34 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Velocidade_Desejada", 80); // Configura a velocidade desejada
35 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Coeficiente_Ajuste_Massa", 1.5);
  
```

Figura 2 - Arquivo da simulação

### 3. Resultados da Simulação

- A simulação apresentará os gráficos da resposta do veículo (aceleração, velocidade e posição) às ações do acelerador e freio, controladas pelo PID, ao longo de um terreno de 5,5 km.



- Análise dos resultados:
  - Gráficos do comportamento do carro e desempenho do controlador são apresentados.
  - Dados complementares podem ser obtidos com a função **"Mostrar\_Resultados()"**.

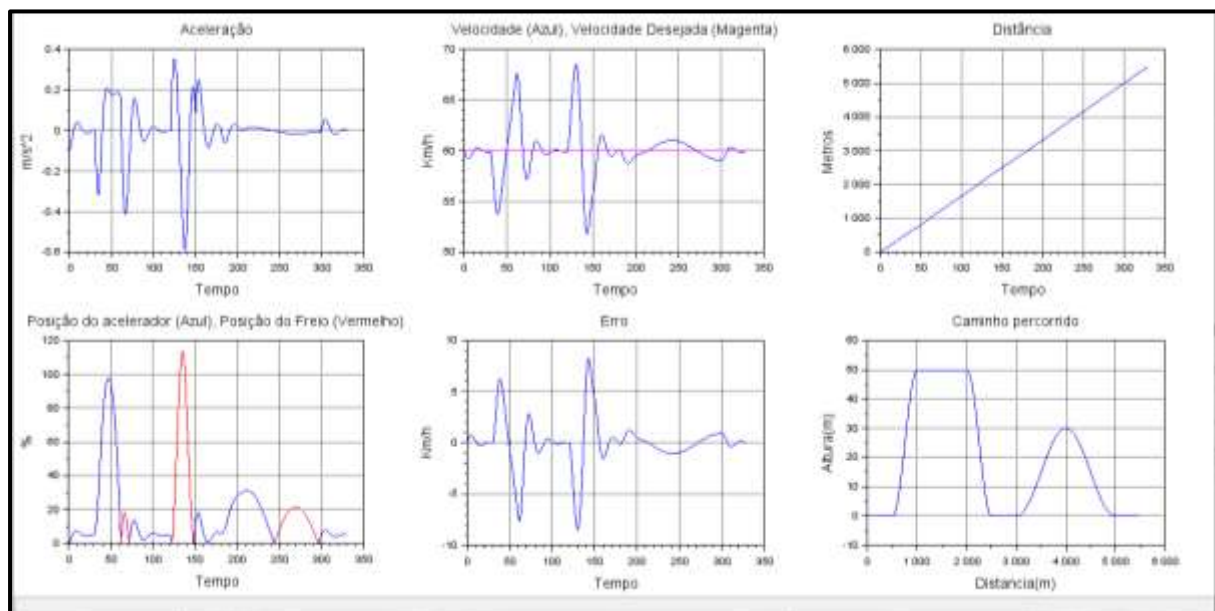


Figura 4 – Exemplo dos dados resultantes de uma simulação

## Execução do trabalho

### 1. Escolha dos Veículos

- **Selecione dois veículos distintos:**
  1. O primeiro veículo é de escolha livre, transportando uma carga de livre escolha.
  2. O segundo veículo deve possuir uma **carga útil** maior ou igual a **1000 kg**, transportando a carga máxima.
- **Busca de características:**
  - Utilize o site: <http://www.carrosnaweb.com.br/avancada.asp>.
  - Verifique as **limitações** da simulação no **Anexo I – Limitações da Simulação**.
- **Validação:**
  - Submeta os veículos escolhidos para análise e confirmação por meio do formulário disponível no Moodle.
  - Consulte a tabela de veículos já escolhidos para evitar duplicidade.

### 2. Configuração do Simulador

- Insira os parâmetros do veículo no arquivo de simulação. Instruções no **Anexo II**.
- Ajuste o parâmetro "**Coeficiente\_Ajuste\_Massa**" conforme as instruções do **Anexo III**.

### 3. Parâmetros do Terreno

- A altura do terreno é calculada com base nos **últimos três dígitos** da matrícula (XYZ):
  - **Altura\_Maxima\_Trapezio** =  $10 + (XYZ / 20)$
  - **Altura\_Maxima\_Morro** =  $60 - XY$

### 4. Simulação com Carga Máxima

- Para o **segundo veículo**, execute a simulação com **carga máxima**.

### 5. Ajuste dos Parâmetros do Controlador PID

- Configure os parâmetros **Kp**, **Ki** e **Kd** de forma **manual** para obter bons resultados com os seguintes testes:

| Veículo  | Velocidade Desejada (Km/h) |    |     |
|----------|----------------------------|----|-----|
| Primeiro | 60                         | 80 | 100 |
| Segundo  | 40                         | 60 | 80  |

- **Observações:**
  - Os **parâmetros do controlador** devem ser **idênticos** em todos os testes de um mesmo veículo.
  - A **velocidade inicial** deve ser **igual à velocidade desejada**.

## Apresentação dos resultados

Você deverá elaborar uma **apresentação ou apresentação em vídeo** demonstrando os resultados obtidos durante os testes do controlador PID. O vídeo deve conter:

### 1. Resultados do Controlador

- Apresente os resultados do controlador PID ajustado para **todas as velocidades** especificadas nos testes:
  - Primeiro veículo: 60 km/h, 80 km/h e 100 km/h.
  - Segundo veículo: 40 km/h, 60 km/h e 80 km/h.

### 2. Explicação da Obtenção dos Parâmetros PID

- Explique o processo manual utilizado para ajustar os parâmetros **Kp**, **Ki** e **Kd**.
- Compare esses ajustes com os valores fixos: **Kp = 20**, **Ki = 10** e **Kd = 10**.

### 3. Análise Comparativa

- Compare os resultados obtidos com os ajustes manuais e os resultados com o controlador fixo.
- Analise o **comportamento** do sistema para cada veículo, destacando possíveis diferenças e explicando os fatores que influenciaram o desempenho.

### Requisitos da apresentação

- **Duração:** Entre **5 e 10 minutos**.
- **Conteúdo:**
  - Utilize slides, animações, simulações e gráficos gerados durante as execuções para apresentar os resultados de forma clara e objetiva.
  - Ao final, inclua uma **comparação final** entre os ajustes de cada veículo.
- **Apresentação em vídeo:** É desejável que você esteja visível no vídeo para simular uma apresentação formal de trabalho.

### Entrega

- Envie o arquivo do vídeo conforme as **instruções disponíveis no Moodle** e/ou conforme orientações fornecidas em aula.


## Anexo I – Limitações da simulação

A simulação apresenta algumas simplificações e pressupostos que restringem a escolha do veículo a ser utilizado:

- **Propulsão do veículo:**
  - O veículo **não pode ter propulsão elétrica nem ser híbrido**, pois não foram realizados testes suficientes para garantir que os resultados da simulação sejam condizentes com a realidade.
- **Veículos esportivos:**
  - Carros com **alta potência** podem apresentar resultados **imprecisos ou inconsistentes**.
  - Nesses casos, o **ajuste do coeficiente de massa** provavelmente será elevado para compensar o comportamento atípico.
- **Transmissão:**
  - Não há simulação de **marchas** ou **embreagem**. A potência fornecida pelo motor será sempre a **máxima disponível**, comportamento semelhante ao de um câmbio CVT.
- **Potência de frenagem:**
  - A potência de frenagem foi limitada a **duas vezes a potência máxima do motor**.
- **Dados aerodinâmicos:**
  - É **desejável** que o veículo escolhido possua dados aerodinâmicos (**CX** e **Área\_Frontal**) para maior **fidelidade nos resultados** da simulação.

## Anexo II – Configuração dos parâmetros do veículo na simulação

Com os dados do veículo escolhido coloque os dados no arquivo da simulação:







www.carrosnaweb.com.br

[Página Principal](#) | [Catálogo](#) | [Comparativo](#) | [Avaliação](#) | [Ranking](#) | [Classificados](#) | [Opinião do Dono](#) | [Notícias](#) | [Qual Carro](#)


[Página Principal](#) > [Catálogo](#) > [Ficha técnica](#)


### Ficha Técnica


[Busca detalhada](#)

[Compartilhe:](#)





#### Renault Clio Authentique 1.0 16V



Nota do Leitor  7,0 [Avalie](#)

Opinião do Dono  8,1 [Leia as opiniões](#)

|                |                      |
|----------------|----------------------|
| Ano            | 2005                 |
| Preço          | R\$ 9.351            |
| Desvalorização | 0,31%                |
| Combustível    | Gasolina             |
| IPVA           | R\$ 374 <sup>1</sup> |
| Seguro         | Indisponível         |
| Revisões       | Não tem preço fixo   |
| Procedência    | Nacional             |
| Garantia       | 1 ano                |
| Configuração   | Hatch                |
| Porte          | Compacto             |
| Lugares        | 5                    |
| Portas         | 2                    |
| Geração        | 2                    |
| Plataforma     | Renault B            |
| Índice CNW     | 34,32                |
| Ranking CNW    | 12352                |

#### DIMENSÕES

|                       |            |                       |           |
|-----------------------|------------|-----------------------|-----------|
| Comprimento           | 3773 mm    | Largura               | 1639 mm   |
| Distância entre-eixos | 2472 mm    | Altura                | 1417 mm   |
| Bitola dianteira      | 1406 mm    | Bitola traseira       | 1384 mm   |
| Porta-malas           | 255 litros | Tanque de combustível | 50 litros |
| Peso                  | 905 kg     | Carga útil            | 525 kg    |
| Vão livre do solo     | 187 mm     |                       |           |

#### AERODINÂMICA

|                        |                      |                       |      |
|------------------------|----------------------|-----------------------|------|
| Área frontal (A)       | 1,97 m <sup>2</sup>  | Coef. de arrasto (Cx) | 0,35 |
| Área frontal corrigida | 0,690 m <sup>2</sup> |                       |      |

#### DESEMPENHO

|                   |          |                       |        |
|-------------------|----------|-----------------------|--------|
| Velocidade máxima | 162 km/h | Aceleração 0-100 km/h | 14,5 s |
|-------------------|----------|-----------------------|--------|

Figura 5 - Exemplo de veículo escolhido

Caso o veículo escolhido possua dados aerodinâmicos, adicione os parâmetros "CX" e "Area\_Frontal".  
**Caso contrário, comente ambas as linhas de configuração.** A simulação ainda será executada, porém com menor fidelidade nos resultados.



```

12 // Inicializa o "mundo" de simulação
13 Simulacao_Criar_Mundo();
14 Simulacao_Configurar("-Nome_Aluno", "Quase Mestre <-> Tem um LED no fim do tunel!");
15
16 // Configura a simulação
17 Simulacao_Configurar("-Altura_Maxima_trapezio", 30);
18 Simulacao_Configurar("-Altura_Maxima_Morro", 50);
19 Simulacao_Configurar("-Distancia_Total_Percurso", 5500);
20 Simulacao_Configurar("-Passo", 0.001);
21 Simulacao_Configurar("-Amplitude_Ruido", 0.002);
22
23 // Configura o Veículo
24 Carro = Veiculo_Criar();
25 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Modelo", "Clio");
26 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Fabricante", "Renault");
27 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Potencia_Maxima_CV", 70); //Potencia maxima do Carro (cv)
28 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Massa", 905); //Masse do Veiculo (Kg)
29 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Aceleracao_0_100", 14.5); //Em segundos (s)
30 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Velocidade_Maxima", 162); //Em Km/h
31 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Cx", 0.35); //Coeficiente aerodinâmico
32 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Area_Frontal", 1.97); // Area Frontal do veiculo (m^2)
33 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Velocidade_Inicial", 00); // Configura a velocidade inicial
34 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Velocidade_Desejada", 80); // Configura a velocidade desejada
35 Carro = Veiculo_Configurar(Carro, "-Coeficiente_Ajuste_Massa", 1.5);
  
```

Figura 6 - Dados do veículo ajustado



## Anexo III – Ajuste do Coeficiente de Massa

Devido às simplificações na simulação da física do veículo, é necessário ajustar o parâmetro “**Coeficiente\_Ajuste\_Massa**” para que os resultados se aproximem o máximo possível dos dados reais do veículo.

### 1. Execução do Ajuste:

- Realize uma simulação inicial do veículo com **todos os parâmetros configurados**, exceto o **Coeficiente\_Ajuste\_Massa** (a linha referente a este parâmetro deve estar **comentada** no código).
- O sistema executará automaticamente uma série de simulações para determinar o melhor valor do coeficiente.

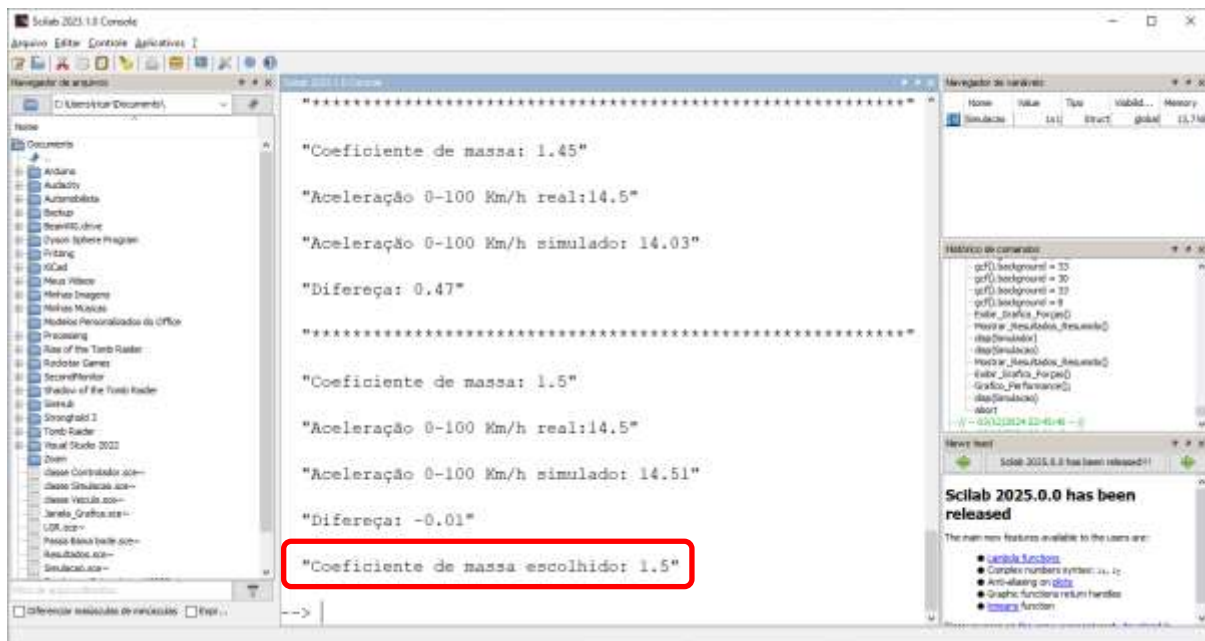


Figura 7 - Coeficiente de massa calculado

### 2. Inserção do Resultado:

- Após o ajuste, o sistema fornecerá o valor otimizado do **Coeficiente\_Ajuste\_Massa**.
- Insira esse valor no arquivo de configuração e execute as simulações finais.