

SILVA, Rita de Cássia; NUNES, Maria Alzira de Araújo.
"Desenvolvimento de uma suspensão automotiva do tipo Duplo A: aplicação do módulo ADAMS/Car", p.351-474. In: Maria Alzira de Araújo Nunes, Rita de Cássia Silva. **MSC ADAMS: Guia prático de Utilização**, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2014.
<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-MSCAdams-05>

5

CAPÍTULO

Desenvolvimento de uma Suspensão Automotiva do tipo *Duplo A*: Aplicação do módulo ADAMS/Car

A notar: Esta suspensão é comumente conhecida como “Double Wishbone”, “Double A” ou ainda Duplo A. Ela é constituída por duas bandejas triangulares, as quais constituem elos entre o chassi do veículo e suas rodas. Classifica-se como uma suspensão independente e é reconhecida por ser mais robusta que outras suspensões como, por exemplo, a Macpherson. Isso pelo fato de possuir mais elementos mecânicos em sua formação.

Esse modelo apresenta uma fácil e precisa regulagem de seus parâmetros de geometria, como a variação da cambagem e a máxima variação de bitola. Devido a estes fatores este modelo de suspensão é mais comumente utilizado em eixos dianteiros de veículos de alto desempenho, por necessitarem de um ajuste mais fino dos parâmetros de geometria de suspensão.

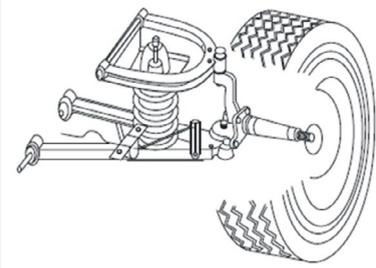


Ilustração de uma suspensão Duplo A.
Fonte: Valdeck, 2007.

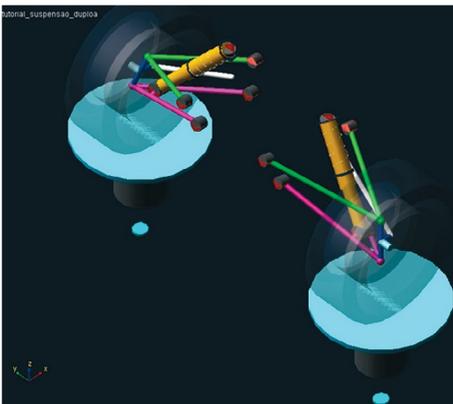
Fonte: REIMPELL, J.; STOLL, H.; BETZLER, J. W. The automotive chassi: engineering principles, Butterworth-Heinemann, 2001.

Neste capítulo, será apresentado ao leitor o tutorial de construção de uma suspensão *Duplo A*, denominado `_tutorial_duploa`. A metodologia adotada para o desenvolvimento desse subsistema está dividida em 30 etapas, identificadas de acordo com as tarefas a serem executadas.

Até a Etapa 24, o leitor desenvolverá o modelo virtual, utilizando-se da *interface Template Builder*, conforme tratado no Capítulo 1. Nessas etapas, o leitor fará a parametrização do modelo, ou seja, criação de *Hardpoint* e *Construction Frame*, construção de partes (*Parts*), geometrias (*Geometry*), inserção de juntas e buchas (*Attachments*), criação de *Communicators*, entre outras ações pertinentes ao projetista nessa *interface*.

Nas etapas restantes, o leitor construirá um subsistema (*Subsystem*) associado ao *Template* da suspensão *Duplo A* e, em seguida, criará um *Assembly* entre o subsistema suspensão e um sistema de teste virtual do ADAMS/Car chamado *Test Rig*.

Ao final, após execução das etapas propostas, o leitor deverá obter o seguinte modelo virtual.



Obtenha o arquivo da suspensão Duplo “A” no seguinte link: http://www.blucher.com.br/materiaisdeapoio/mscadams/tutorial_duploa.cdb.zip

Etapa 1 – Inicializando o Módulo ADAMS/Car

Ao inicializar o módulo ADAMS/Car, as seguintes opções estarão disponíveis na janela de abertura: *Standard Interface* e *Template Builder* (item 1.2.1), conforme mostra a Figura 5.1. O usuário deverá marcar a opção *Template Builder*, uma vez que um novo projeto será criado, depois clicar na opção *OK*.

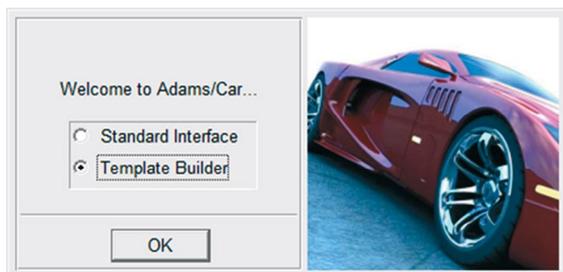


Figura 5.1 – Tela de inicialização do Módulo ADAMS/Car.

Etapa 2 – Criando o *Template*

- Abra o menu *File* e clique na opção *New*.
- Na caixa de diálogo aberta, digite o nome do projeto na caixa *Template Name*.
- Especifique o tipo de subsistema (*Subsystem*) a ser construído na opção *Major Role*, conforme ilustrado na Figura 5.2.
- Clique na opção *Ok*.



Figura 5.2 – Definição do *New Template*.

Etapa 3 – Definição do diretório de trabalho

- Abra o menu *Tools* e clique na opção *Database Management* → *Create Database*.

A Figura 5.3 ilustra a janela correspondente a essas ações.

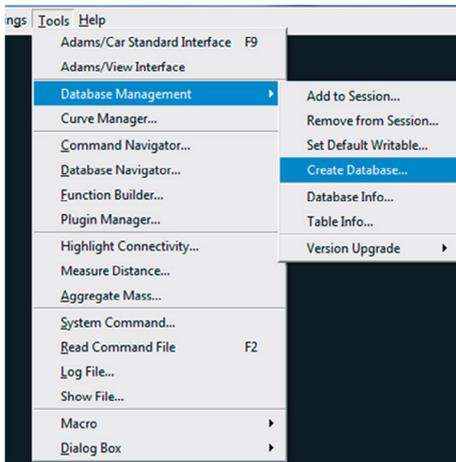


Figura 5.3 – Ilustração da janela referente à definição do diretório de trabalho.

- Na caixa de diálogo *Create New Database* preencha o campo *Database Alias* com o nome do diretório de trabalho e, no campo *Database Path*, informe seu caminho (Figura 5.4).

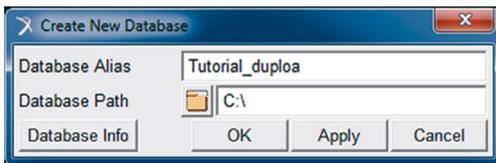


Figura 5.4 – Preenchimento sugerido da janela *Create New Database*.

- Clique em *OK*.

Uma nova janela será aberta para que o usuário aceite a criação do diretório de trabalho definido nas etapas anteriores, conforme ilustra a Figura 5.5.

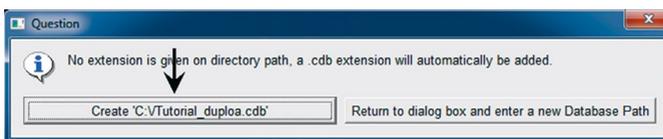


Figura 5.5 – Janela de confirmação da criação do diretório de trabalho.

- Uma mensagem de confirmação da criação do diretório será aberta, apenas para verificação por parte do usuário (Figura 5.6). Caso a tarefa tenha sido executada com sucesso, clique em *Close*.

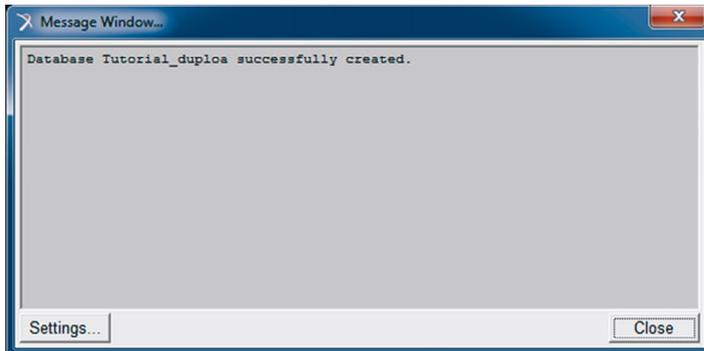


Figura 5.6 – Mensagem de alerta referente à criação do diretório de trabalho.

- Para obter informações sobre o diretório de trabalho criado, abra o menu *Tools* → *Database Management* → *Database Info* (Figura 5.7).

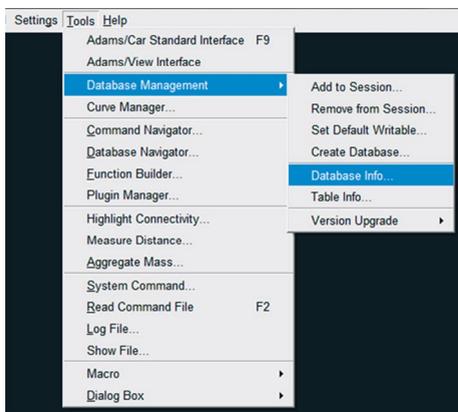


Figura 5.7 – Janela para obtenção de informações sobre o diretório de trabalho.

Em seguida, será exibida uma janela com a aparência da mostrada na Figura 5.8.

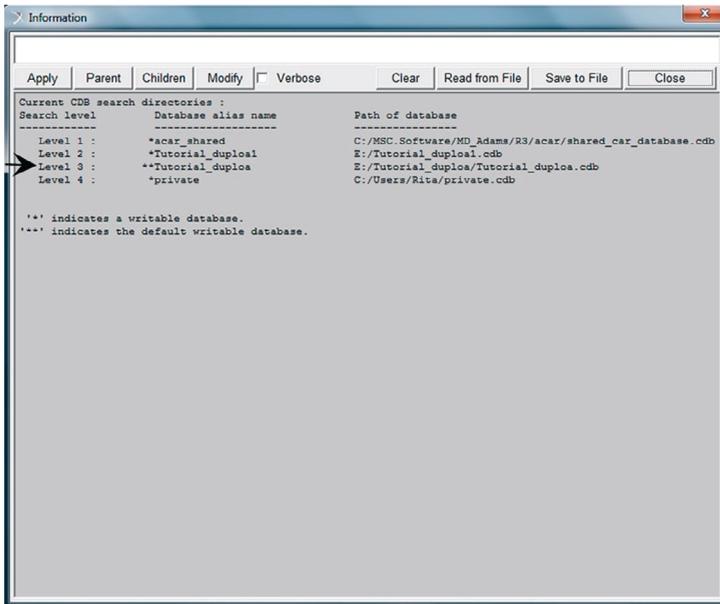


Figura 5.8 – Resultado da definição do diretório de trabalho.

A próxima etapa é definir o diretório de trabalho criado como sendo o diretório padrão, no qual os arquivos referentes ao projeto executado serão salvos. Para isso:

- Abra o menu *Tools* → *Database Management* → *Set Default Writable* (Figura 5.9).

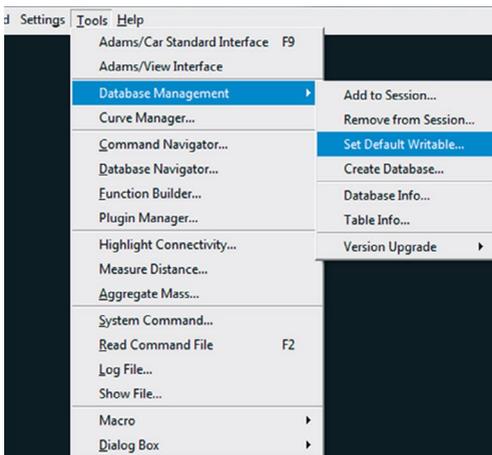


Figura 5.9 – Ilustração da opção a ser selecionada para definição do diretório padrão.

- Será aberta uma caixa de diálogo (*Set Default Writable Database*), conforme ilustrado na Figura 5.10. No campo *Database Name*, selecione o diretório de trabalho criado anteriormente. Para tanto, clique sobre a seta à direita da aba.

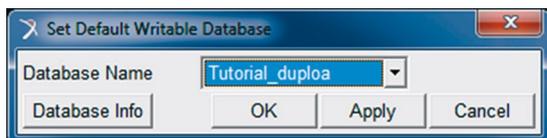


Figura 5.10 – Especificação do diretório de gravação de arquivos de projeto.

- Clique em *OK*.

Etapa 4 – Parametrização da Geometria da Suspensão

A notar: Para alterar/verificar unidades de medidas no ADAMS/Car, acesse o menu Settings → Units.

O primeiro passo para a construção de um subsistema suspensão é a criação dos *Hardpoints*. Dessa maneira, o modelo se torna parametrizado, facilitando, portanto, alterações geométricas, evitando, assim, o desenvolvimento de um novo projeto. Na Figura 5.11 é mostrado um esquema dos *Hardpoints* a serem definidos e sua respectiva representação em uma suspensão *Double A*. A numeração representada é coincidente com a da Tabela 5.1.

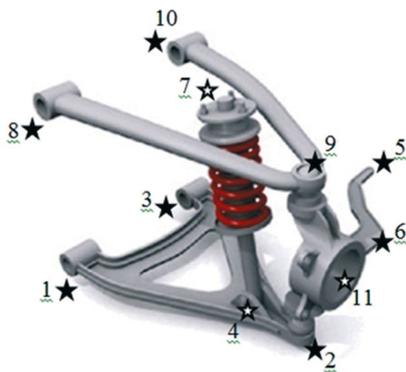


Figura 5.11 – Esquema dos *Hardpoints* a serem construídos.

Para criação dos *Hardpoints* ilustrados na Figura 5.12:

- Acesse o menu *Build*, clique em *Hardpoint* e, em seguida, clique em *New* (Figura 5.12).

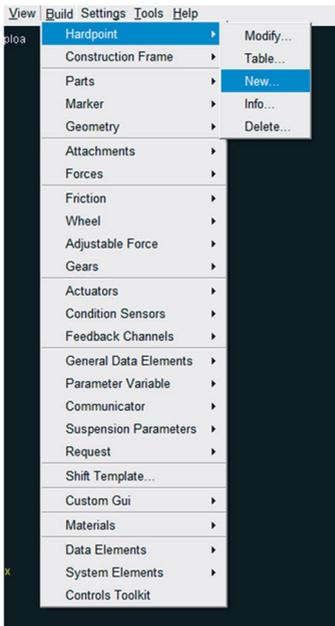


Figura 5.12 – Ativação da janela para criação de *hardpoints*.

Na caixa de diálogo *Create Hardpoint* defina o nome (*Hardpoint Name*) e selecione o tipo (*Type*). Se há simetria à esquerda – *left* –, à direita – *right* – ou caso não haja simetria defina como *single*.

A localização dos *Hardpoints* com relação às coordenadas globais (x , y e z) do sistema deverá ser inserida no campo *Location* (Figura 5.13). Caso haja algum erro nos campos preenchidos, esse erro será destacado na cor amarela, para alertar o usuário.

- Após preenchimento dos campos clique em *Apply*, para inserir os demais *Hardpoints* (Tabela 5.1) ou para finalizar, após inserção do último ponto clique em *OK*. A aba *Type* será selecionada para todos os *Hardpoints* criados como sendo *right*.

A notar: A simetria à direita ou à esquerda se refere ao fato de que os *hardpoints* criados se repetirão (serão espelhados) ou à direita ou à esquerda, relativamente ao referencial global do projeto.

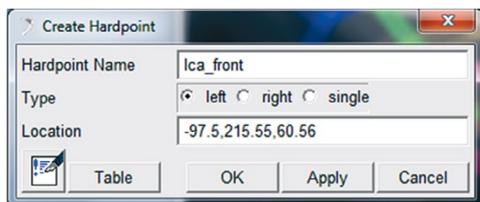


Figura 5.13 – Janela para criação de *hardpoints*.

A notar: Neste ponto, recomenda-se que se salve o projeto. Para tanto selecione a aba File → Save. Esta operação se repetirá em determinados pontos ao longo da construção da suspensão Duplo A.

Caso o usuário utilize a opção Save As, a tela mostrada a seguir aparecerá e se recomenda que ela seja preenchida conforme indicado.

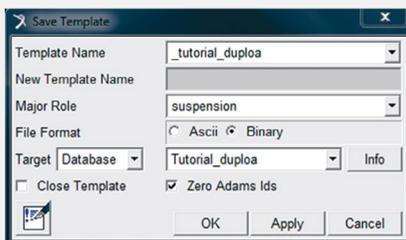


Figura ilustrativa da caixa de diálogo referente à gravação do Template.

Tabela 5.1: Nomes e coordenadas dos *hardpoints*

	Nome	Coordenadas (x,y,z)
1	<i>lca_front</i>	(-97.5, 215.55, 60.56)
2	<i>lca_outer</i>	(-14.12, 646.89, - 106.22)
3	<i>lca_rear</i>	(192.25, 235.56, 1.31)
4	<i>lwr_strut_mount</i>	(8.43, 529.97, - 49.04)
5	<i>tierod_inner</i>	(150, 290, 76)
6	<i>tierod_outer</i>	(62.61, 626.65, - 43.76)
7	<i>top_mount</i>	(97.96, 258.91, 274.94)
8	<i>uca_front</i>	(-175.08, 214.19, 230.24)
9	<i>uca_outer</i>	(28.39, 609.09, 42)
10	<i>uca_rear</i>	(224.13, 247.43, 139.76)
11	<i>wheel_center</i>	(7.135, 627.99, - 32.11)

A notar: Repare que os Hardpoints com sigla de identificação “lca” (Lower Control Arm) se referem à bandeja inferior, já os com “uca” (Upper Control Arm) se referem à bandeja superior. Os Hardpoints identificados por “tierod” correspondem à união do sistema de direção ao subsistema suspensão. “lwr_strut_mount” e o “top_mount” são relativos à fixação do amortecedor na bandeja inferior e no chassi. Por fim, “wheel_center” localiza o centro da roda (Figura 5.11)

Após criar os onze *Hardpoints*, poderão ser feitas alterações em suas coordenadas, acessando-se o menu *Build*, clicando em *Hardpoint* e em seguida em *Table*. Uma tabela com o nome do *Hardpoint* e as respectivas localizações *x*, *y* e *z* abrirá na tela principal, possibilitando editá-la (Figura 5.14).



	loc_x	loc_y	loc_z
hpl_lca_front	-97.5	215.55	60.56
hpl_lca_outer	-14.12	646.89	-106.22
hpl_lca_rear	192.25	235.56	1.31
hpl_lwr_strut_mount	8.43	529.97	-49.04
hpl_tierod_inner	150.0	290.0	76.0
hpl_tierod_outer	62.61	626.65	-43.76
hpl_top_mount	97.96	258.91	274.94
hpl_uca_front	-175.08	214.19	230.24
hpl_uca_outer	28.39	609.09	42.0
hpl_uca_rear	224.13	247.43	139.76
hpl_wheel_center	7.135	627.99	-32.11

Display: Single and Left Right Both Filter: * Apply Close

Figura 5.14 – Tabela de modificação da coordenada do *hardpoint*.

A notar: Perceba que na parte inferior desta janela há a opção *Display*. Nela ao selecionar as opções *Left* ou *Right*, haverá um ajuste automático dos sinais das coordenadas, de acordo com o sistema de coordenadas global. O termo *hpl* ou *hpr* é inserido automaticamente no nome do *Hardpoint* pelo próprio software, de modo a indicar a que lado ele pertence, segundo o sistema de coordenadas global.

A Figura 5.15 ilustra a tela do software após criação dos *Hardpoints*.



Figura 5.15 – Tela exibindo os *hardpoints* definidos.

Etapa 5 – Criação da bandeja inferior da suspensão (*Lower Control Arm*).

A bandeja inferior da suspensão é definida por três *Hardpoints*: *lca_front*; *lca_rear* e *lca_outer*, o que lhe confere uma forma triangular (Figura 5.11).

Para criação da bandeja, será necessário criar um *General Part* (item 1.2.5.2.1), o qual no ADAMS/Car é indicado pela abreviação *gel* (*general part left*) ou *ger* (*general part right*).

Para criação do *General Part*, é possível utilizar-se de dois tipos de construtores: *New* (criação do corpo rígido com características de geometria de massa e de material) ou *Wizard* (criação do corpo rígido baseado em duas geometrias possíveis *Link/Arm*, podendo-se definir a densidade do material, a partir da escolha do tipo ou como um *input* por parte do usuário).

- Para criação do *General Part*, acesse o menu *Build* → *Parts* → *General Part* → *New* (Figura 5.16).

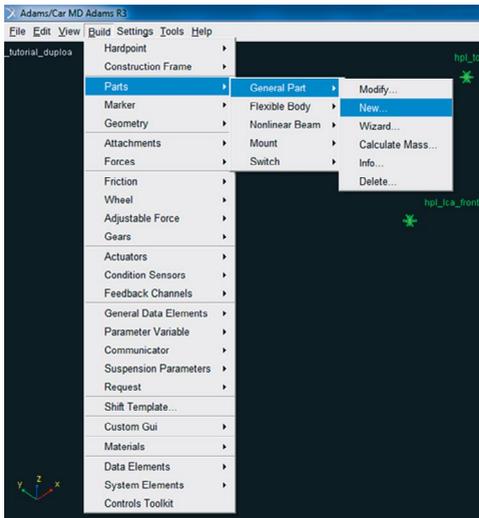


Figura 5.16 – Janela ilustrativa da opção selecionada para criação do *General Part*.

- Preencha a janela que se obtém ao acionar a opção, conforme mostrado na Figura 5.17.

O preenchimento dos campos: *General Part*, *Coordinate Reference #1*, #2, #3 (*Location Dependence*), *Coordinate Reference #1* e #2 (*Orientation Dependence*) pode ser realizado manualmente, ou se pode clicar com o botão direito do mouse no referido campo e optar por umas das opções disponíveis, sendo essa segunda forma de preenchimento, um atalho. Os campos que possuem a seta lateral se acionadas com um clique fornecem as opções disponíveis. A Figura 5.18 (a) e (b) ilustram o dito aqui, respectivamente.

Os dados relativos à geometria desse *General Part*, como massa, e momentos de inércia, inclusive o centro de massa, foram definidos, a priori, por um valor aleatório (como pode ser observado na Figura 5.17). Após inclusão da geometria (próxima etapa), esses dados serão recalculados. Caso o usuário já possua os valores corretos, estes podem ser inseridos sem a necessidade de recalculá-los posteriormente.

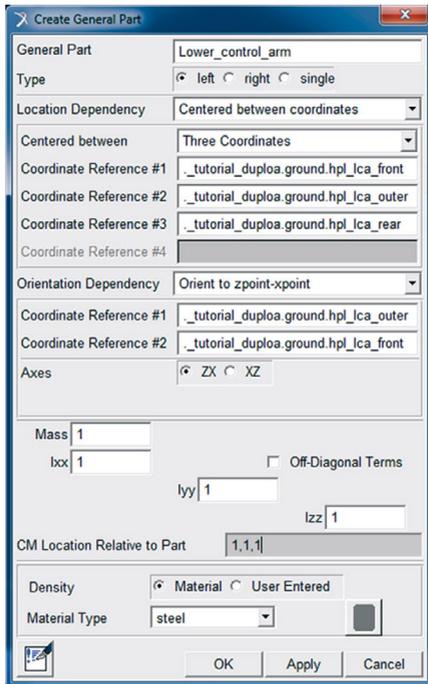


Figura 5.17 – Definição dos parâmetros de construção do *General Part* “Lower Control Arm”.

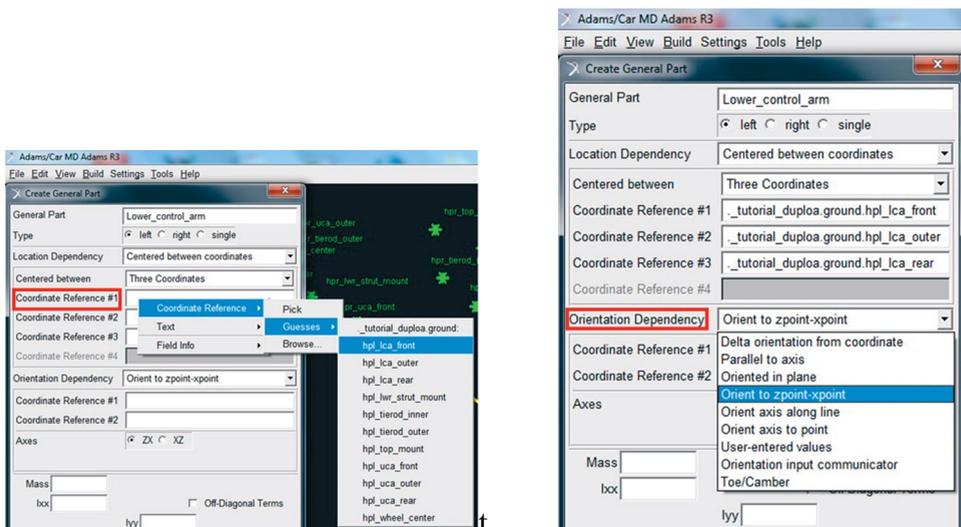


Figura 5.18 – Telas ilustrativas

- (a) atalho para seleção de coordenadas, por exemplo, *Coordinate Reference #1*;
- (b) acionamento de seta lateral para definição de opção (*Orientation Dependency*).

A notar: Verifique que no campo Orientation Dependency foi selecionada a opção Orient to zpoint-xpoint. Ao selecioná-la juntamente com a opção ZX no campo Axes (Figura 5.18 (a), o usuário define que o eixo “Z” do General Part criado (Lower_control_arm) será paralelo ao vetor formado entre a entidade (General Part) e a coordenada #1 (Coordinate Reference #1). Veja que a origem do vetor está no General Part e sua extremidade no Hardpoint hpl_lca_outer.

- Após preenchimento dos campos da Figura 5.17, clique em OK.

A Figura 5.19 ilustra a tela principal do software, destacando a criação do *General Part*.

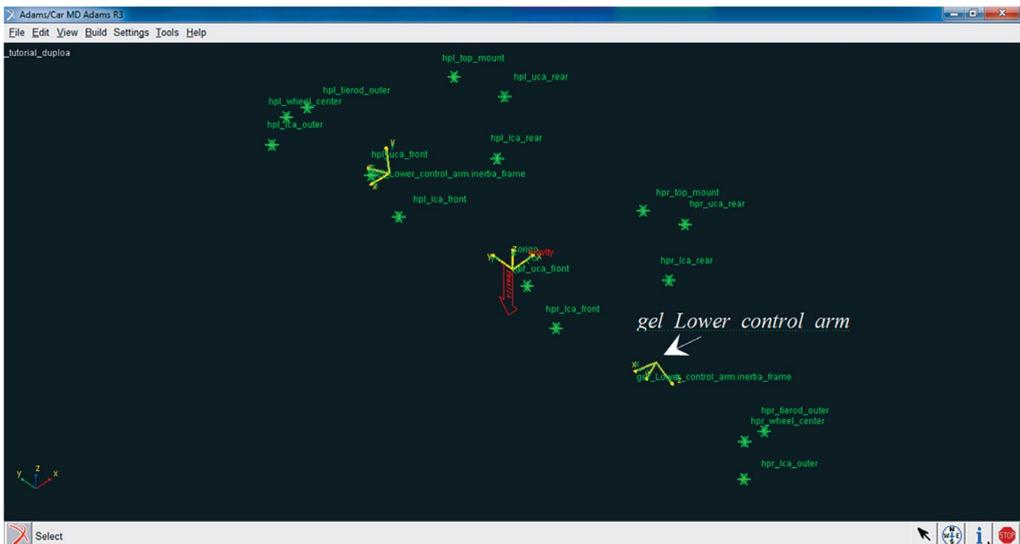


Figura 5.19 – *General Part* “Lower Control Arm” construído e sua orientação.

Etapa 6 – Criação da geometria relacionada ao *General Part* “Lower Control Arm”

A bandeja inferior da suspensão *Lower Control Arm*, a qual está relacionada ao *General Part* criado na etapa anterior, é composta por duas geometrias cilíndricas do tipo *Link* e três esféricas, que serão criadas pela ferramenta *Ellipsoid*, localizadas nas extremidades dos *Links*.

A notar: Para definir a geometria do tipo Link são necessários dois Hardpoints localizados em ambas as extremidades do Link, além da definição de um raio.

- Para construção da primeira geometria *Link*, o qual será formado pelos *Hardpoints* *hpl_lca_front* e *hpl_lca_outer*, acesse o menu *Build* → *Geometry* → *Link* → *New*, como mostrado na Figura 5.20.

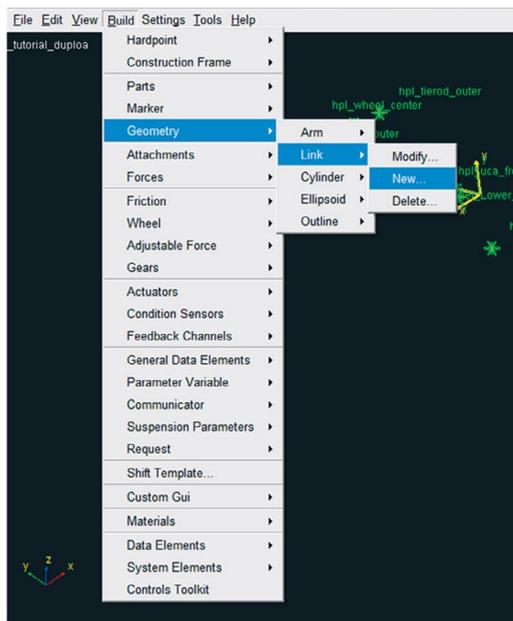


Figura 5.20 – Janela referente à construção da geometria *Link*.

- A janela *Create Link Geometry* será aberta e deverá ser preenchida conforme ilustrado na Figura 5.21. Observe que a opção para calcular as propriedades de massa do *General Part* (*Calculate Mass properties of General Part*) deve ser assinalada. Isso no caso de se desejar atualizar os dados de propriedades de massa inseridos na Etapa 5.
- Ao finalizar, clique na opção *OK*.

Repare que o preenchimento das abas *General Part*, *Coordinate Reference #1* e *Coordinate Reference #2* pode ser manual ou pelo acionamento do botão direito do mouse sob a aba, conforme ilustrado na Figura 5.18 (a). Nesse caso, recomenda-se escolher *Coordinate Reference* → *Guesses*, onde se abre uma janela elencando todos os *Hardpoints*, *hpl* e *hpr* disponíveis no projeto.

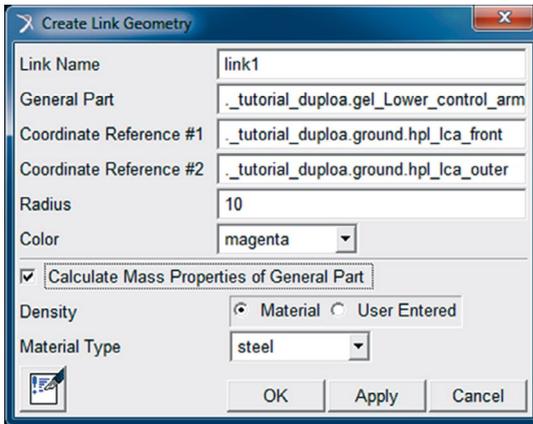


Figura 5.21 – Criação do *Link* associado ao *General Part* criado na Etapa 5.

O *Link* construído está ilustrado na Figura 5.22.

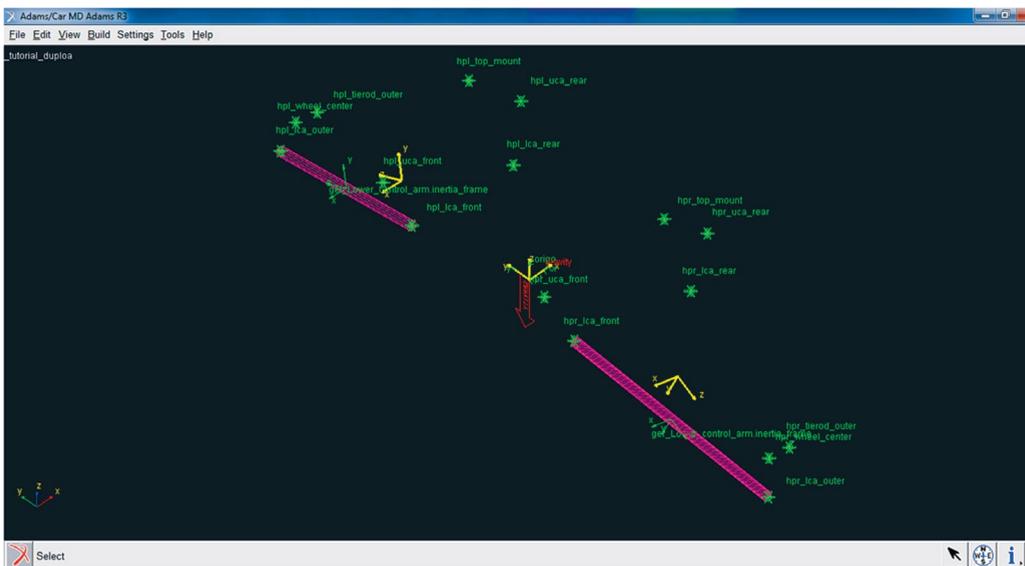


Figura 5.22 – *Link 1* construído.

- Repita o mesmo procedimento descrito anteriormente para construção do *Link 2*, o qual terá em suas extremidades os *Hardpoints* *hpl_lca_rear* e *hpl_lca_outer*. A Figura 5.23 ilustra como os campos da caixa de diálogo devem ser preenchidos.
- Clique em *OK*.
- Salve seu projeto.

A notar: Dependendo da disponibilidade do usuário, o presente projeto pode ser realizado de uma só vez, ou interrompido para que depois se dê continuidade a ele. No entanto, quando o Template é aberto a partir de um arquivo salvo, este pode aparecer na tela principal sem todos os detalhes construtivos, normalmente vistos pelo usuário, tais como juntas, especificação de Hardpoints, Construction Frame, General Part etc. Para que todas essas entidades passem a ser visíveis novamente no modelo, posicione o cursor em qualquer ponto da tela de construção (menos em pontos do modelo) e clique com o botão direito do mouse. Na janela que se abrirá, selecione a opção Toggle Icon Visibility <v>.

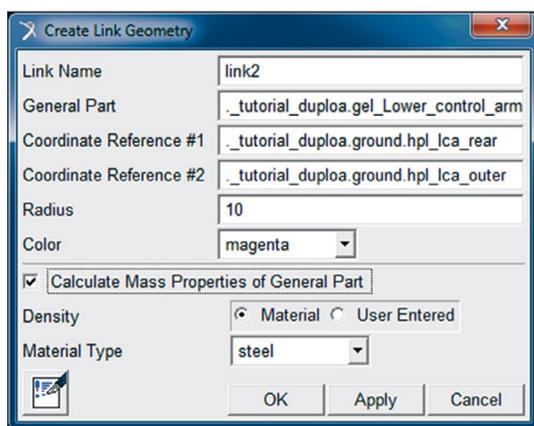


Figura 5.23 – Criação do *Link 2* associado ao *General Part* criado na Etapa 5.

Nas extremidades dos *Links 1* e *2* serão construídos volumes esféricos, a partir da ferramenta *Ellipsoid*. Para tanto, acesse o menu *Build* → *Geometry* → *Ellipsoid* → *New* (Figura 5.24).

A notar: A geometria *Ellipsoid* pode ser utilizada para gerar geometrias esféricas, desde que os raios definidos em cada coordenada (x, y e z) sejam iguais.

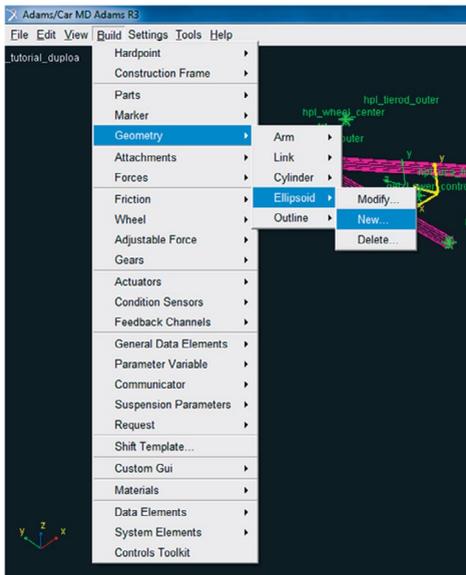


Figura 5.24 – Janela para criação da geometria esférica nas extremidades do *Link*.

- A janela *Create Ellipsoid Geometry* será aberta. Os campos deverão ser preenchidos conforme ilustrado na Figura 5.25. Observe que essa primeira esfera terá como referência o *Hardpoint hpl_lca_front*, e pertencerá ao *General Part gel_Lower_control_arm*. Lembre-se que o campo *Calculate Mass Properties of General Part* deverá estar selecionado para atualização das propriedades de massa do *General Part Lower_control_arm*.
- Clique em OK.

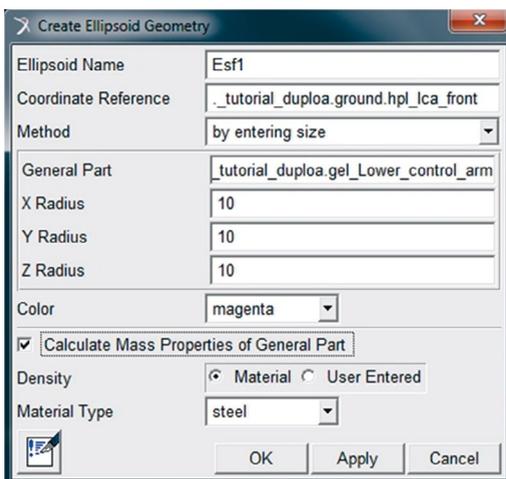


Figura 5.25 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da primeira esfera.

- O procedimento do item anterior deverá ser repetido para construção do segundo volume esférico. A segunda esfera será localizada no *Hard-point hpl_lca_rear*. O preenchimento da janela *Create Ellipsoid Geometry* para essa geometria está ilustrado na Figura 5.26.

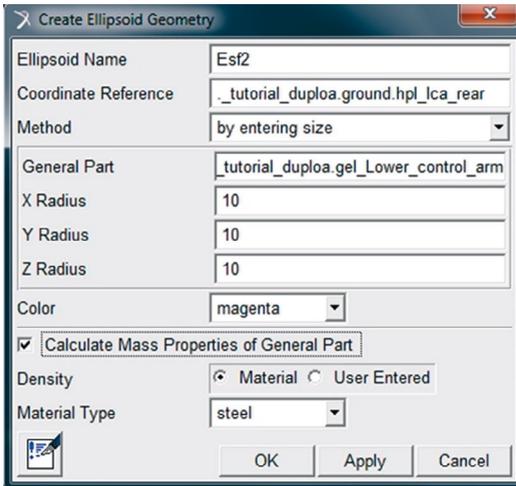


Figura 5.26 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da segunda esfera.

- A terceira esfera será construída na intersecção dos *Links 1 e 2*. A Figura 5.27 ilustra o preenchimento da janela *Create Ellipsoid Geometry* para construção dessa geometria.
- Clique em *OK*.

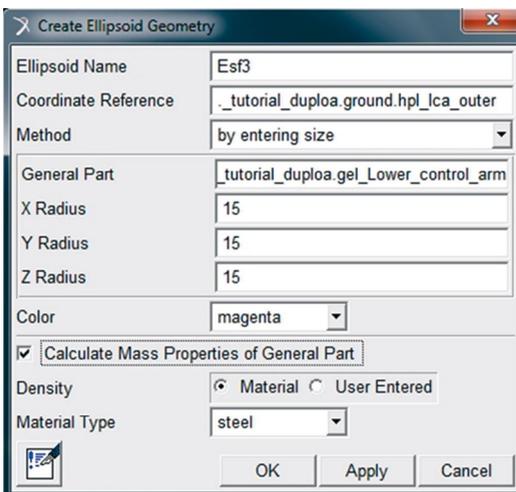


Figura 5.27 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da terceira esfera.

Após construção das geometrias que compõem a bandeja da suspensão, o *General Part Lower_control_arm* será atualizado em relação às suas propriedades de massa.

- Aproxime a imagem de um dos lados da suspensão, pressionando o botão direito do mouse em qualquer ponto da tela, menos em pontos da geometria do modelo virtual, selecione a opção *Zoom In/Out* e mova o cursor para o efeito desejado.
- Em seguida, na tela principal do software, clique com o botão direito do mouse sobre o *General: Part gel_Lower_control_arm*. Em seguida, clique em *Modify* (Figura 5.28).

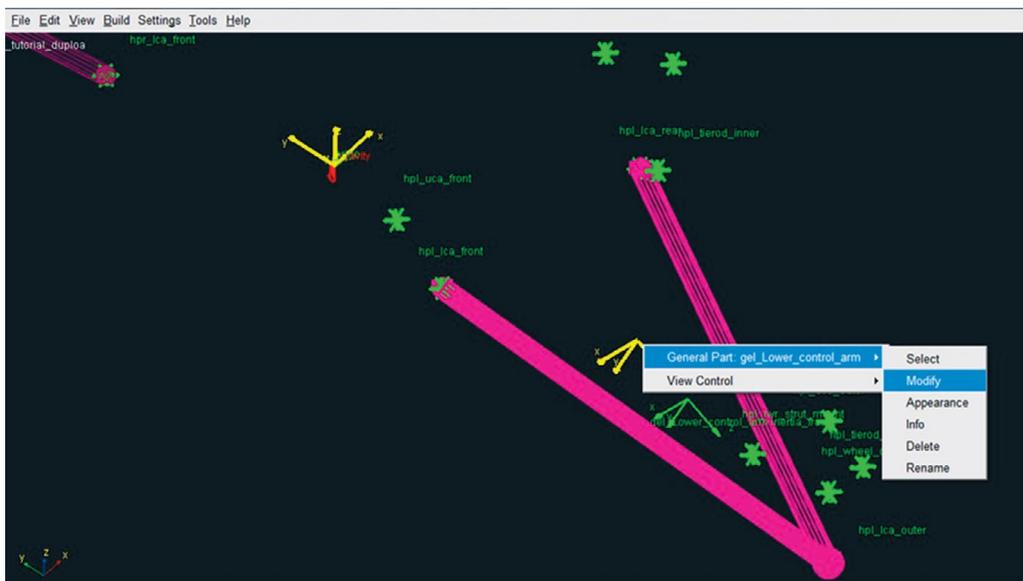


Figura 5.28 – Opção para atualização das propriedades do *General Part Lower_control_arm* a partir da opção *Modify*.

- A janela *Modify General Part* será aberta. Para atualização das propriedades, clique no ícone referente à calculadora (canto inferior direito), como destacado na Figura 5.29. Após essa ação, os dados serão automaticamente recalculados.
- Clique em *OK*.

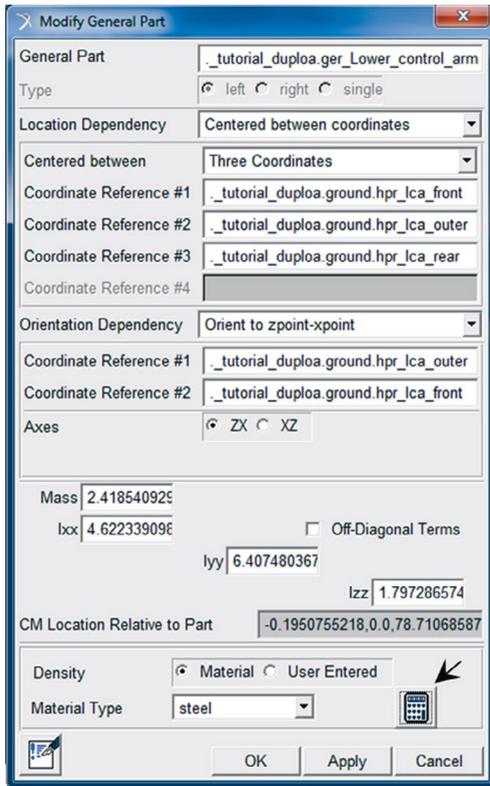


Figura 5.29 – Atualização das propriedades do *General Part* “*gel_Lower_control_arm*”.

- Salve seu projeto.

Etapa 7 – Construção da fixação inferior do amortecedor na bandeja Inferior

Nesta etapa, será construída a geometria para ancoragem à bandeja.

Para tanto, é necessário que sejam criados *Construction Frames* para orientação dos *Links*. Para isto:

- Acesse o menu *Build Construction Frame* → *New* (Figura 5.30).

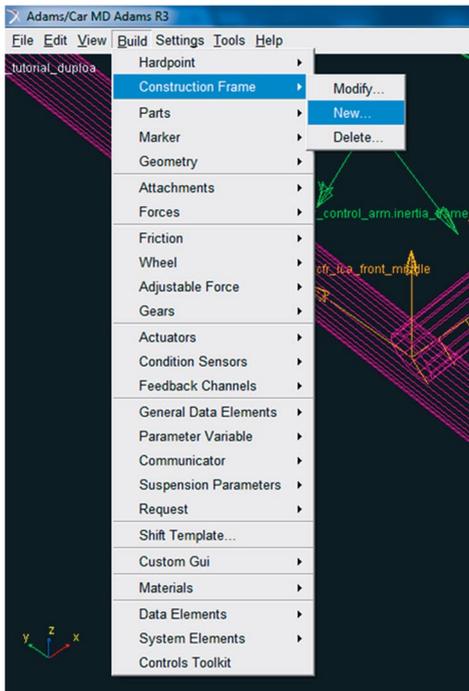


Figura 5.30 – Janela para criação do *Construction Frame* para fixação do amortecedor.

A notar: Trata-se de um elemento do ADAMS/Car, que é utilizado sempre que uma determinada entidade necessita para sua criação, não apenas da definição de coordenadas para localização como o *Hardpoint*, mas também de uma orientação (Orientation Dependancy). Como ele é um elemento parametrizável, ele acompanha as alterações realizadas nos *Hardpoints* relacionados a ele.

Além disso, perceba que na construção de determinados elementos do modelo, onde houver a necessidade de se definir coordenadas (Coordinate Reference #1, #2, #3 ou #4 ou ainda, I ou J Coordinate Reference) essas abas serão sempre preenchidas ou por *Hardpoint* ou *Construction Frame*.

- A janela *Create Construction Frame* será aberta e os campos deverão ser preenchidos conforme ilustrado na Figura 5.31. Note que este *Construction Frame* será construído entre os seguintes *Hardpoints*: *hpl_lca_front* e *hpl_lca_outer*.
- Clique em OK.

Repare que a janela *Location Dependency* (assinalada na Figura 5.31), se acionada na seta lateral direita, fornece seis opções de localização. Selecione *Located on a line*, o que solicita ao usuário a entrada de duas coordenadas de referência (*Coordinate Reference #1* e *Coordinate Reference #2*).

*A **notar**: A opção Relative Location (%) fornece ao usuário a possibilidade de definir a localização do Construction Frame, com base na distância entre as coordenadas (x, y, z) de #1 e #2.*

No caso, considerando-se as coordenadas dos Hardpoint hpl_lca_front e hpl_lca_outer; a distância entre eles é dada pela diferença de coordenadas entre hpl_lca_outer e hpl_lca_front, que multiplicada por 72% e somada aos valores de coordenadas de hpl_lca_front, fornece o posicionamento do Construction Frame.

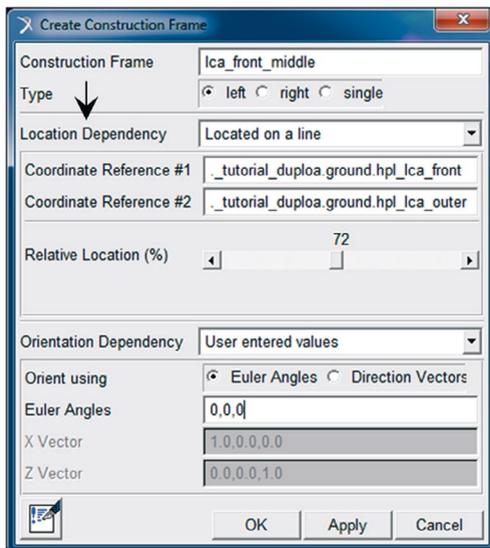


Figura 5.31 – Janela de construção do *Construction Frame* *lca_front_middle*.

- A Figura 5.32 destaca o *Construction Frame* criado, indicado pela seta branca.

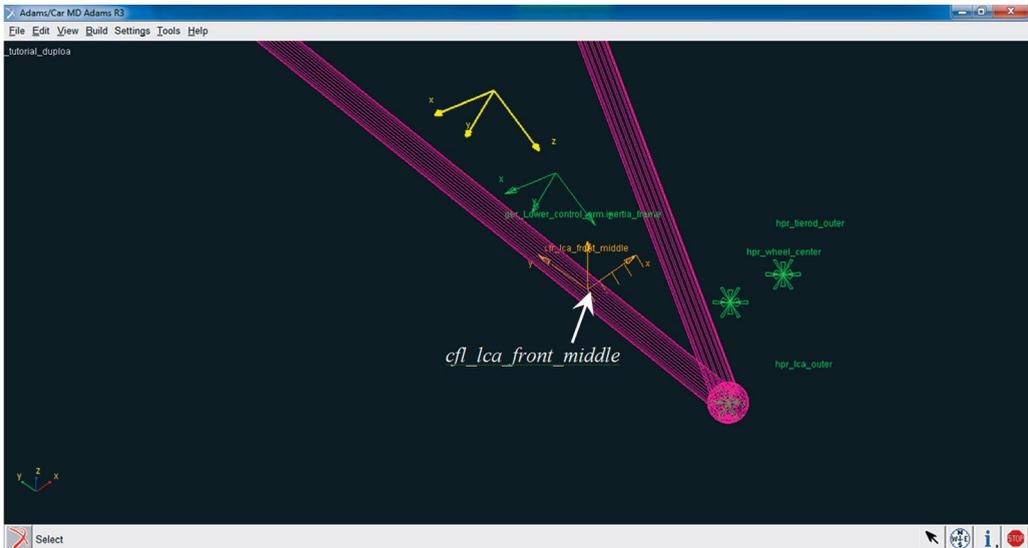


Figura 5.32 – Detalhe do primeiro *Construction Frame* criado na bandeja inferior da suspensão.

- Em seguida, será criado um novo *Construction Frame*, no qual as informações a serem fornecidas devem seguir o que mostra a Figura 5.33. Após a construção, repare que esses *Construction Frame* possuem seus eixos paralelos.

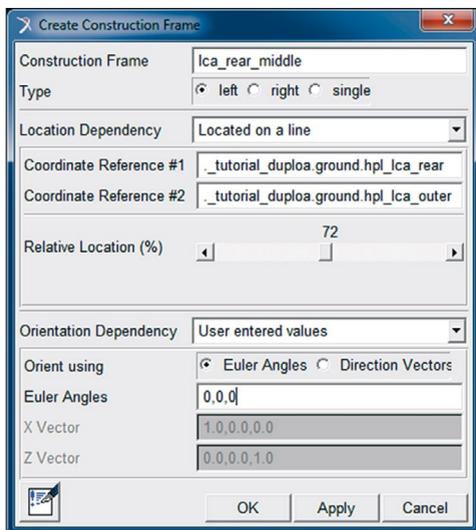


Figura 5.33 – Janela de construção do *Construction Frame* *lca_rear_middle*.

A Figura 5.34 destaca o *Construction Frame* criado, indicado pela seta branca.

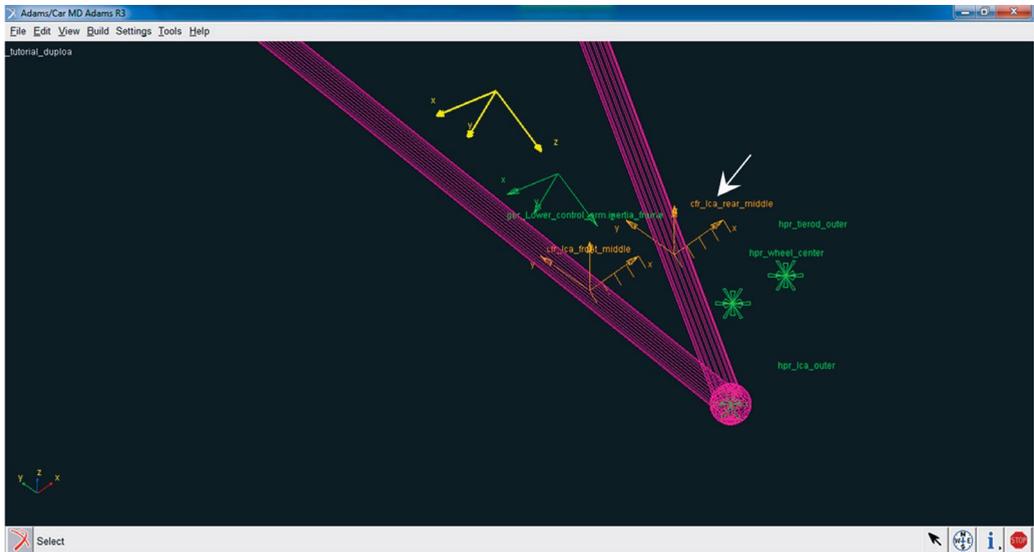


Figura 5.34 – Detalhe do segundo *Construction Frame* criado na bandeja inferior da suspensão.

Com a construção dos *Construction Frame*, é possível criar, a partir dessas entidades, um *Link* que ligue os dois braços da bandeja, onde será fixado o amortecedor.

- Para a criação deste *Link*, acesse o menu *Build* → *Geometry* → *New* (Figura 5.35).

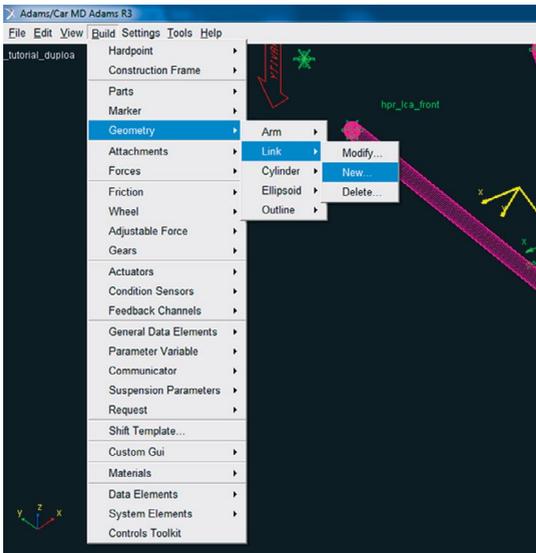


Figura 5.35 – Criação do *Link* para fixação do amortecedor na bandeja inferior da suspensão.

A criação do *Link* três deve atender às especificações mostradas na Figura 5.36.

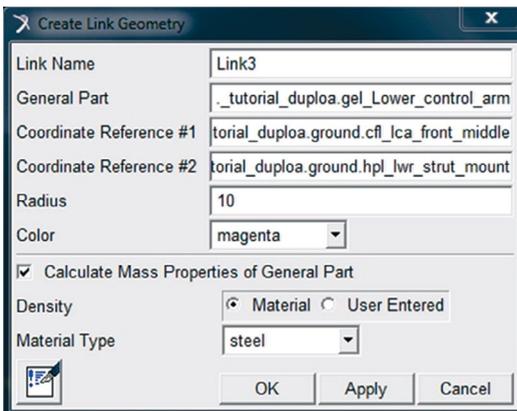


Figura 5.36 – Construção do *Link* de união entre os braços de suspensão da bandeja inferior – *Link* 3.

- Clique em *Apply* e preencha as especificações para o *Link* 4, como mostrado na Figura 5.37.

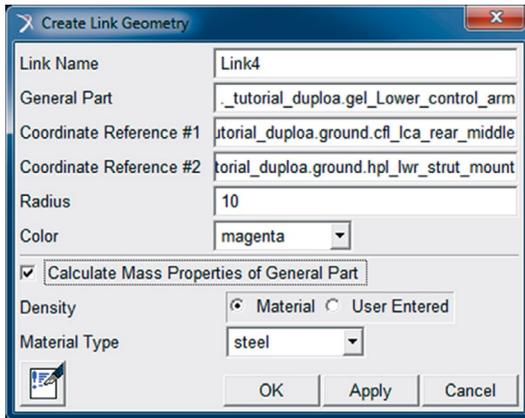


Figura 5.37 – Construção do *Link* de união entre os braços de suspensão da bandeja inferior – *Link 4*.

- Em seguida, clique em *OK*, e verifique se os *Links* foram criados corretamente, conforme ilustrado na Figura 5.38.

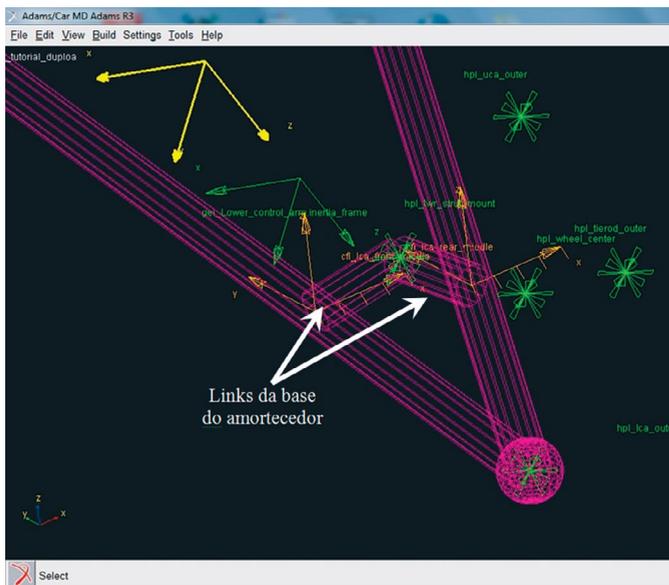


Figura 5.38 – *Links* 3 e 4, construídos para fixação do amortecedor.

- Salve seu projeto.

Etapa 8 – Criação da bandeja superior da suspensão (*Upper Control Arm*)

A bandeja superior da suspensão é definida por três *Hardpoints*: *uca_front*; *uca_rear* e *uca_outer*, sendo, portanto, triangular.

Para criação da bandeja superior, da mesma forma que para a bandeja inferior, será necessário criar um *General Part*.

A construção do *General Part* é realizada acessando-se o menu *Parts* → *General Part New* (Figura 5.39)

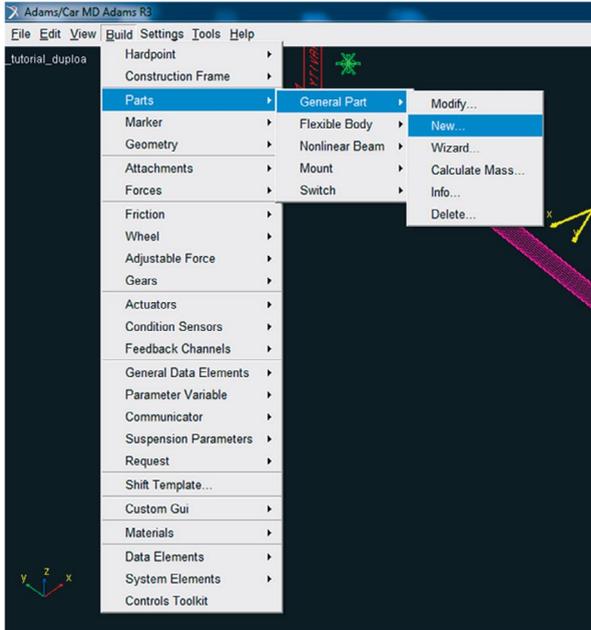


Figura 5.39 – Criação do *General Part* referente à bandeja superior.

O preenchimento da janela de criação do *General Part* deve ser como ilustra a Figura 5.40.

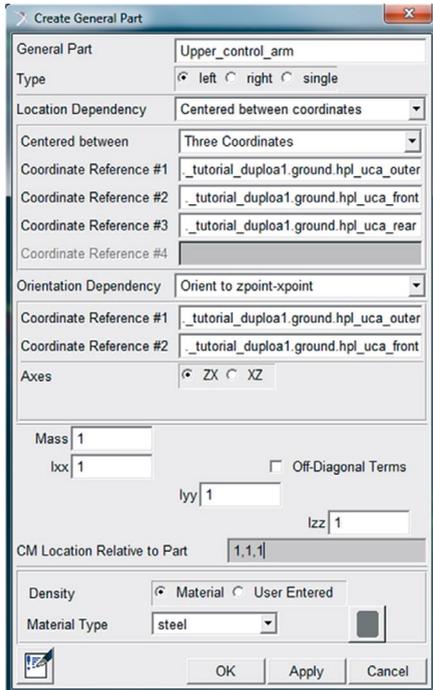


Figura 5.40 – Janela de criação do *General Part* *Upper_control_arm*.

- Ao finalizar o preenchimento, clique em OK.
A Figura 5.41 destaca o *General Part* criado, indicado pela seta branca.

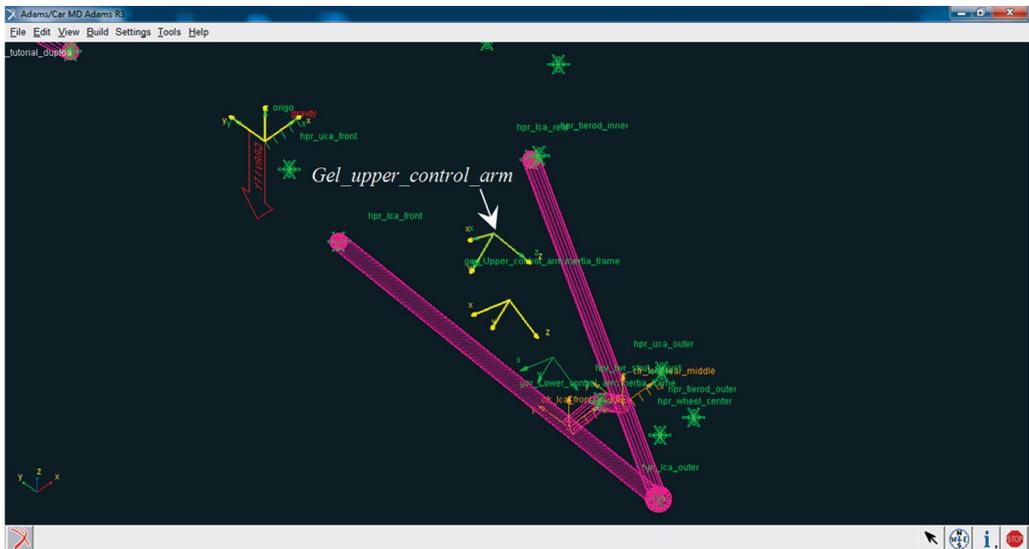


Figura 5.41 – *General Part* referente à criação do *Upper_Control_Arm*.

Etapa 9 – Criação da geometria relacionada ao *General Part* “Upper Control Arm”

Após criação do *General Part*, parte-se para a definição da geometria da bandeja inferior, a partir da criação de geometrias denominadas *Link*. Para tanto:

- Acesse o menu *Build* → *Geometry* → *Link* → *New* (Figura 5.42).

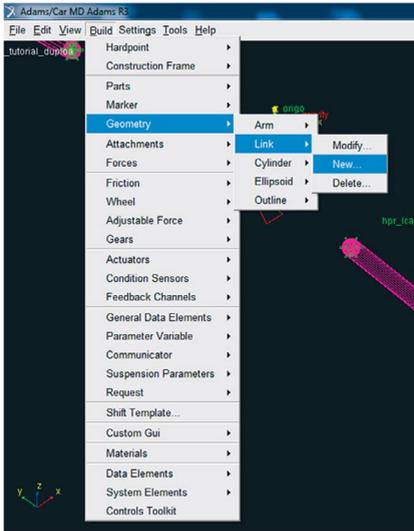


Figura 5.42 – Janela ilustrando a opção a ser ativada para criação de *Links* na bandeja superior (*Upper Control Arm*).

- Preencha a janela *Create Link Geometry*, de acordo com o especificado na Figura 5.43.
- Clique em *Apply*.

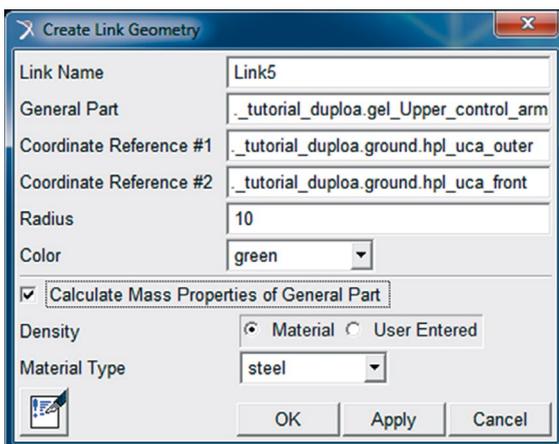


Figura 5.43 – Criação do *Link 5*, associado ao *General Part* criado na Etapa 8.

Nas extremidades dos *Links* 5 e 6, serão construídos volumes esféricos, a partir da ferramenta *Ellipsoid*. Para tanto:

- Acesse o menu *Build Geometry* → *Ellipsoid* → *New* (Figura 5.46).

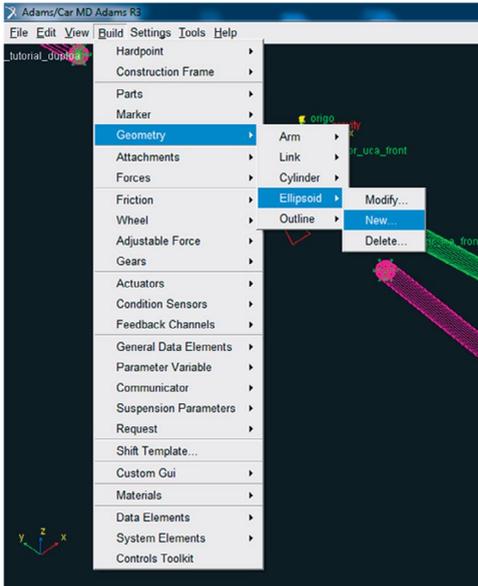


Figura 5.46 – Janela destacando as opções para criação da geometria esférica nas extremidades dos links da bandeja superior.

- Preencha a janela *Create Ellipsoid Geometry*, de acordo com a Figura 5.47.
- Clique em *Apply*.

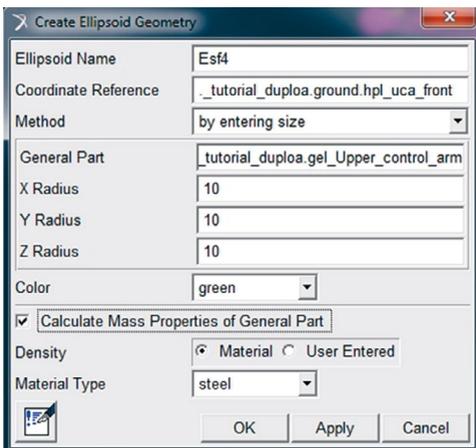


Figura 5.47 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da quarta esfera.

- Preencha a janela *Create Ellipsoid Geometry*, de acordo com a Figura 5.48.
- Clique em *Apply*.

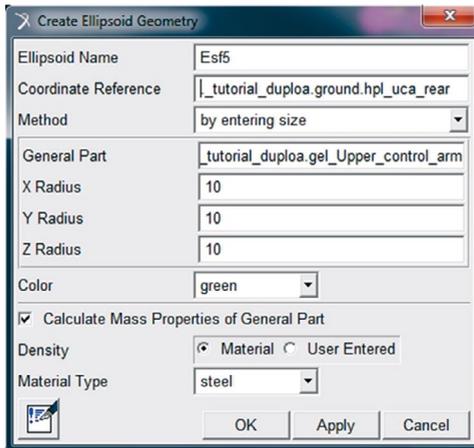


Figura 5.48 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da quinta esfera.

- Para a última esfera, preencha a janela *Create Ellipsoid Geometry*, de acordo com a Figura 5.49.
- Clique em *OK*.

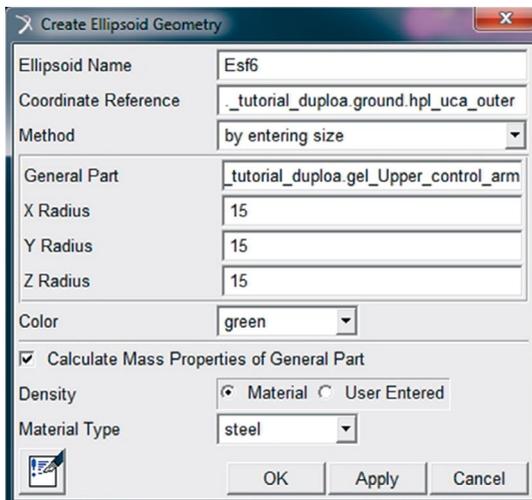


Figura 5.49 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da sexta esfera.

A Figura 5.50 mostra, em verde, as três esferas criadas.

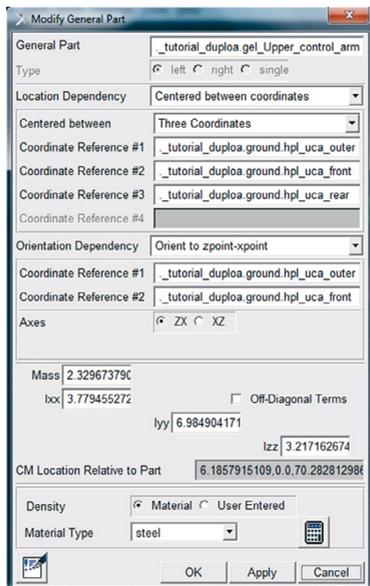


Figura 5.52 – Atualização das propriedades do *General Part* “*gel_Upper_control_arm*”.

Etapa 10 – Criação da manga de eixo (*Upright*)

Inicialmente, será criado o *General Part* associado à manga de eixo. Cabe salientar que, de acordo com a Figura 5.10, haverá quatro *Hardpoints* associados a essa parte (*Part*): *hpl_lca_outer*, *hpl_uca_outer*, *hpl_wheel_center* e *hpl_tierod_outer* e, ainda, três geometrias do tipo *Link*. Dando continuidade à etapa, tem-se:

- Acesse o menu *Build* → *Parts* → *General Part* → *New*, conforme ilustra a Figura 5.53.

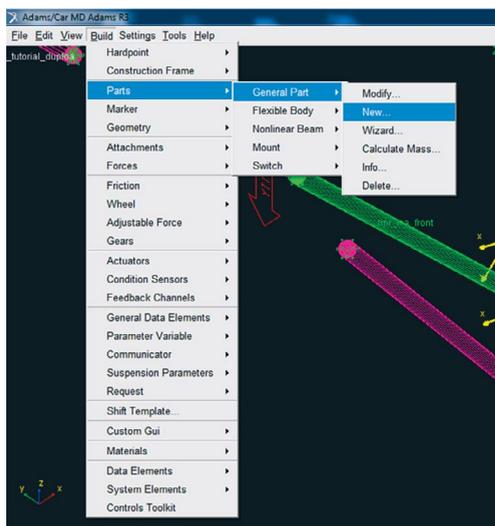


Figura 5.53 – Janela correspondente à construção do *General Part* “*Upright*”.

A janela *Create General Part* será aberta e deverá ser preenchida, conforme ilustra a Figura 5.54.

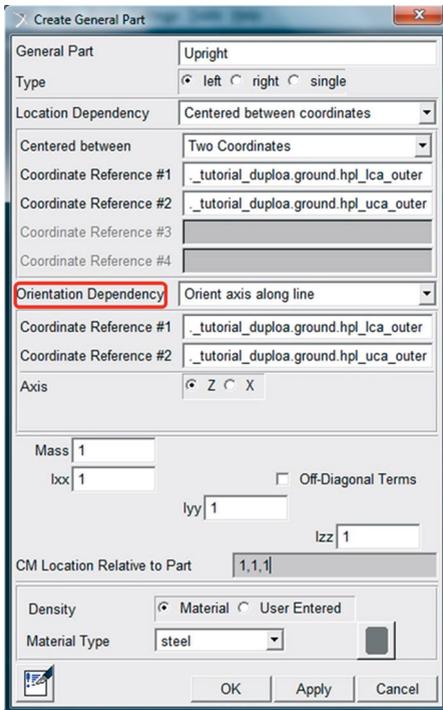


Figura 5.54 – Janela correspondente à criação do *General Part* “Uprigth”.

- Clique em **OK**.

A notar: A opção *Orientation Dependency*, Figura 5.54, selecionada como *Orient axis along line* solicita a especificação de duas coordenadas. Perceba que entre os dois Hardpoints especificados pode-se imaginar um eixo de ligação, que na aba *Axis*, foi especificado como sendo o eixo “Z”. A direção, neste caso, é da coordenada 1 até a coordenada 2.

O resultado é mostrado na Figura 5.55.

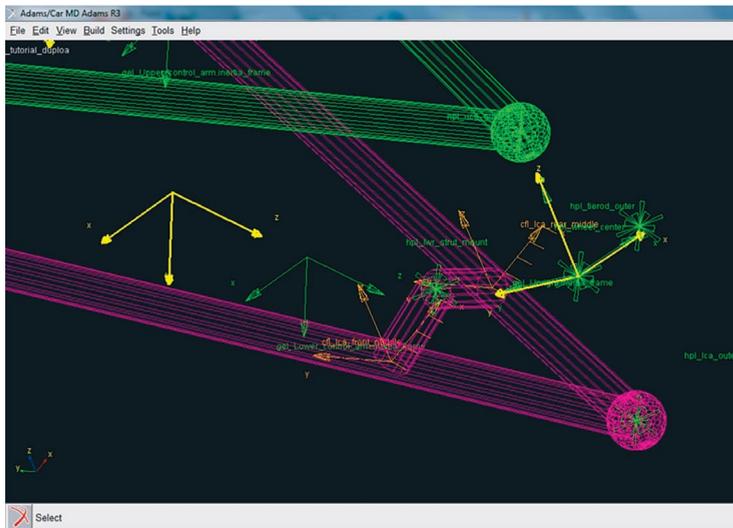


Figura 5.55 – Tela ilustrativa da criação do *General Part* “Upright”.

Em seguida, serão construídos dois *Links*, que complementam a manga de eixo. Para a criação destes *Links* siga as instruções a seguir:

- Acesse o menu *Build* → *Geometry* → *Link* → *New*, conforme ilustrado na Figura 5.56.

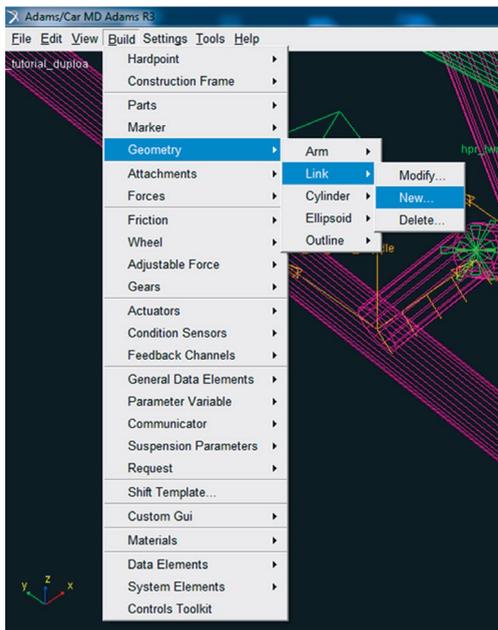


Figura 5.56 – Janela correspondente à criação da geometria *Link* que constituirá a manga de eixo.

A janela *Create Link Geometry* será aberta e a Figura 5.57 ilustra seu preenchimento.

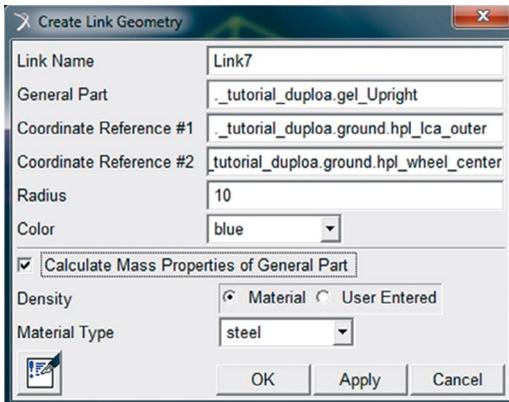


Figura 5.57 – Janela relativa à criação do primeiro *Link* correspondente ao *General Part* “*Upright*”.

- Clique em *Apply*.

O mesmo procedimento deve ser seguido para a construção do segundo *Link*. A Figura 5.58 ilustra o preenchimento da janela correspondente a sua criação.

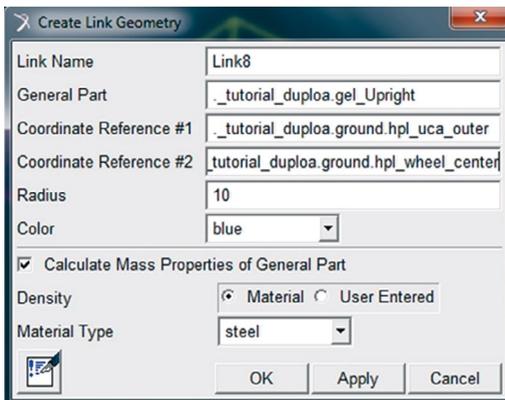


Figura 5.58 – Janela relativa à criação do segundo *Link* correspondente ao *General Part* “*Upright*”.

- Clique em *OK*.
- Salve seu projeto.

Considerando que a manga de eixo da suspensão *Duplo A*, geralmente, vem acompanhada por um suporte de fixação da direção, o próximo passo será a construção de um terceiro *Link*, conforme ilustrado na Figura 5.59.

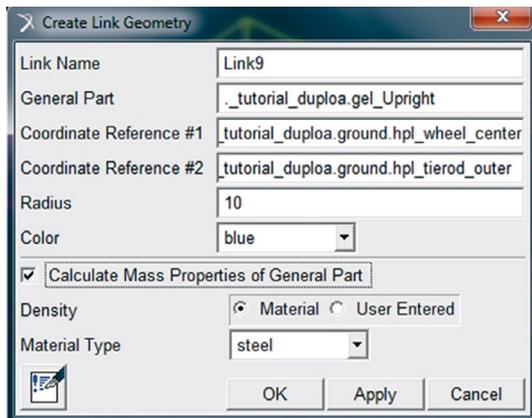


Figura 5.59 – Janela relativa à criação do segundo *Link* correspondente ao *General Part* “Upright”.

- Clique em OK.

A Figura 5.60 destaca a parte *General Part* “Upright” com os três Links criados, nas Figuras 5.57, 5.58, e 5.59, em azul.

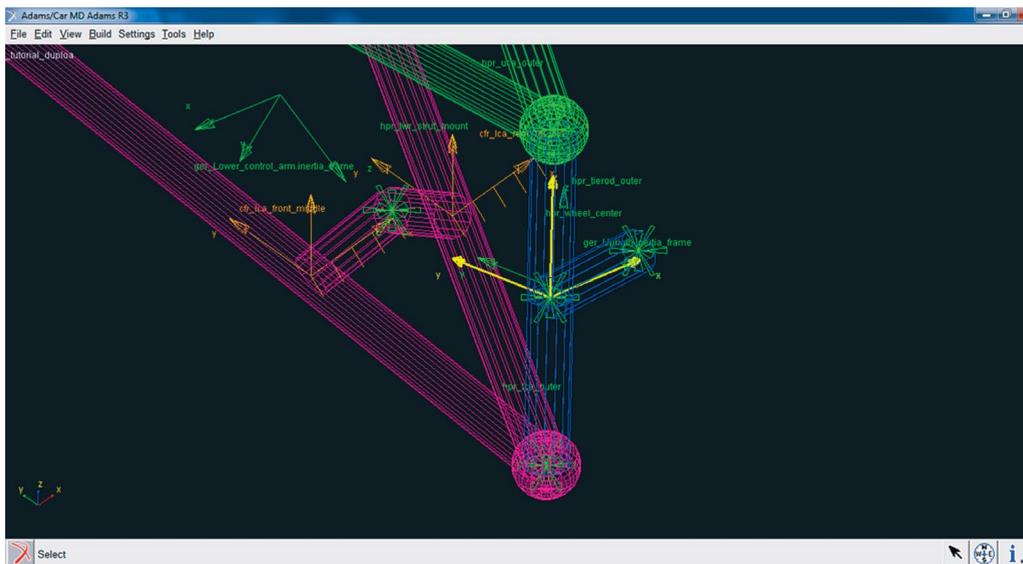


Figura 5.60 – Ilustração do *General Part* “Upright” associado às geometrias *Links*

- Salve seu projeto.

Etapa 11 – Criação do elemento de ancoragem do amortecedor ao chassi

Nesta etapa, será construído o elemento (corpo rígido) de fixação do conjunto mola/amortecedor ao chassi do veículo.

Antes de criar o *General Part* e as geometrias relacionadas, serão criados três *Construction Frames* para definir a orientação da estrutura a ser criada. Para isso:

- Acesse o menu *Build Construction Frame* → *New* (Figura 5.61).

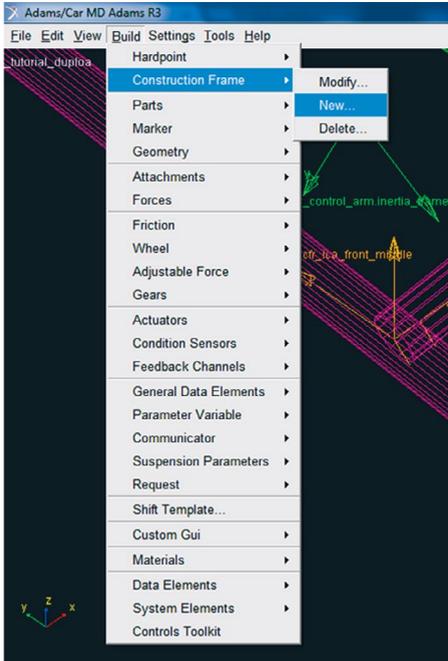


Figura 5.61 – Criação do *Construction Frame*.

- A janela *Create Construction Frame* será aberta e os campos deverão ser preenchidos, conforme a Figura 5.62.

Note que esse *Construction Frame* será criado, utilizando-se, como coordenada de referência, o *Hardpoint* “*hpl_lwr_strut_mount*”.

- Clique em *Apply*.

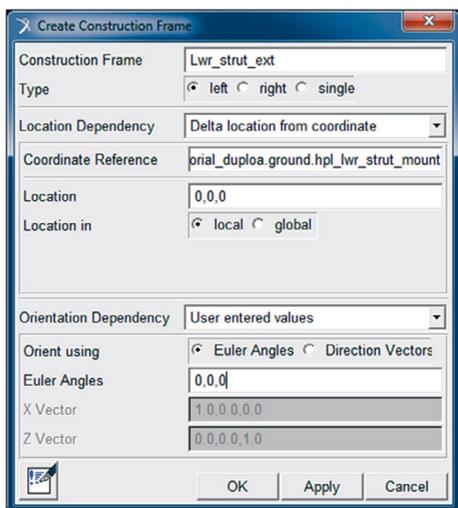


Figura 5.62 – Janela relativa à criação do *Construction Frame* “*Lwr_strut_ext*”.

A Figura 5.63 ilustra o *Construction Frame* construído.

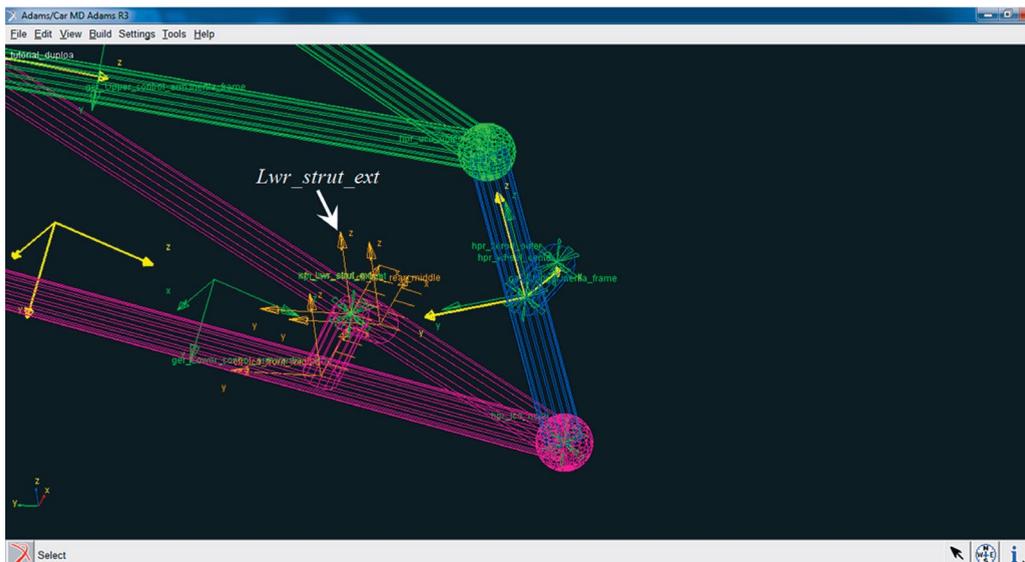


Figura 5.63 – Tela ilustrativa do *Construction Frame* “*Lwr_strut_ext*”.

As janelas devem ser preenchidas, conforme mostram as Figuras 5.64 e 5.66.

- Clique novamente em *Apply* após a criação do segundo *Construction Frame* “*Top_mount_ext*” e em *OK*, após concluir o terceiro *Lwr_spring_seat*.

As telas ilustrativas de cada uma das operações são mostradas nas Figuras 5.65 e 5.67.

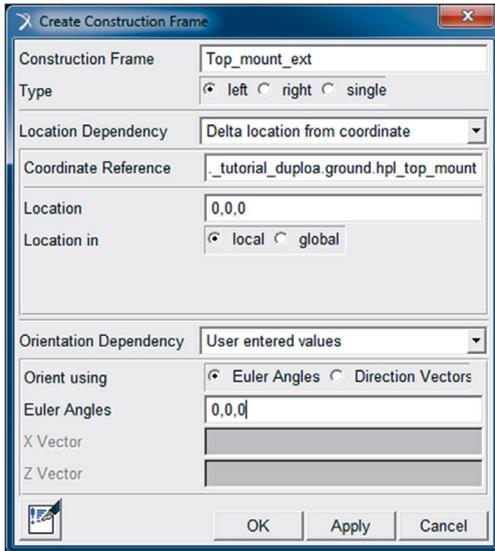


Figura 5.64 – Janela relativa à construção do *Construction Frame* “*Top_mount_ext*”.

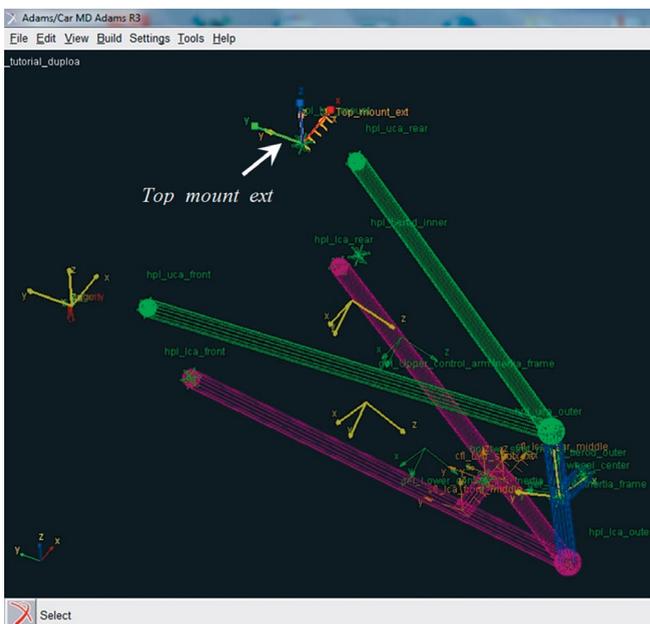


Figura 5.65 – Tela ilustrativa do *Construction Frame* “*Top_mount_ext*”.

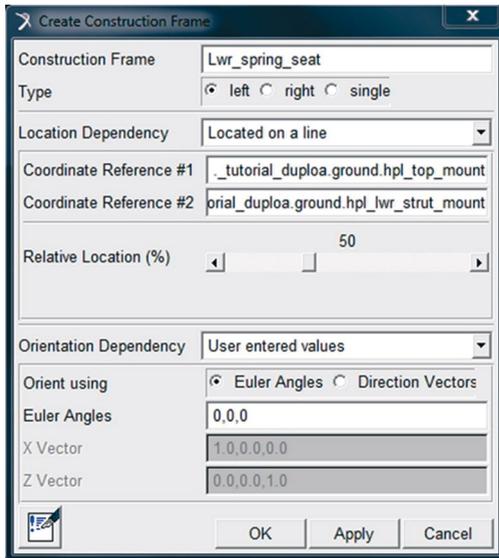


Figura 5.66 – Janela relativa à construção do *Construction Frame* “*Lwr_spring_seat*”.



Figura 5.67 – Tela ilustrativa do *Construction Frame* “*Lwr_spring_seat*”.

Note que a construção dos três *Construction Frames* definiram as coordenadas por onde a linha de construção do conjunto mola/amortecedor irá passar. Os

dois primeiros fixaram as extremidades, enquanto o último, posicionado no meio do segmento de reta (*Relative Location* igual a 50%), complementou a orientação.

- Salve seu projeto.

Após a construção dos *Construction Frames*, a próxima etapa consiste na criação do *General Part* “Upper Strut”. Neste serão definidos os parâmetros da mola e do amortecedor da suspensão. Para tanto:

- Acesse o menu *Build* → *Parts* → *General Part* → *New*, conforme a Figura 5.68.

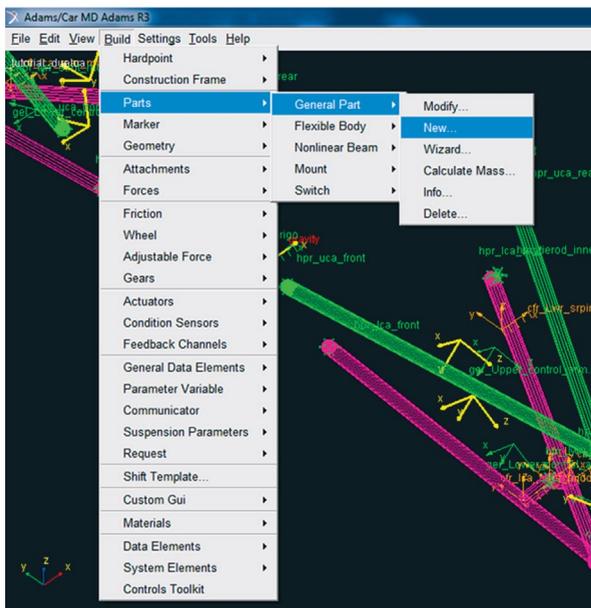


Figura 5.68 – Tela correspondente à opção de construção do *General Part* “Upper-strut”.

A janela *Create General Part* será aberta e seus campos deverão ser preenchidos, conforme a Figura 5.69.

- Ao finalizar o preenchimento, clique em *OK*.

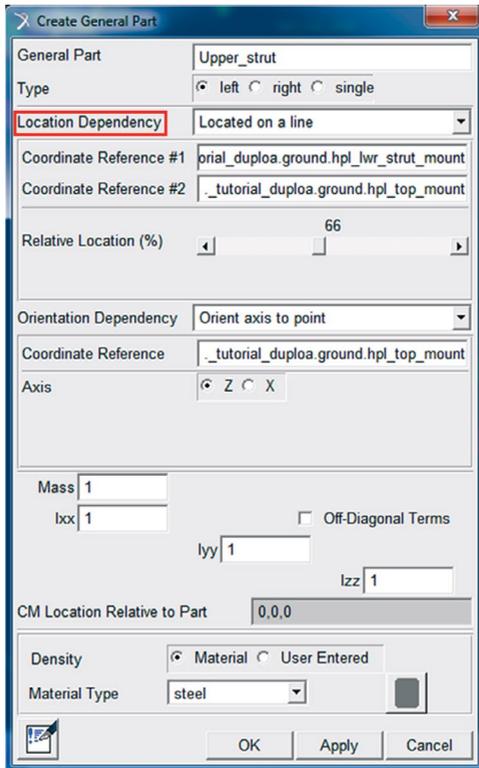


Figura 5.69 – Janela relativa à construção do *General Part* “Upper_strut”.

A notar: A escolha da aba Location Dependency como Located on a Line, Figura 5.69, permite que o *General Part* “Upper_strut” se situe a 66% da distância entre os dois Hardpoints especificados como coordenadas #1 e #2, medido relativamente à coordenada #1.

A Figura 5.70 ilustra a criação do referido *General Part*.

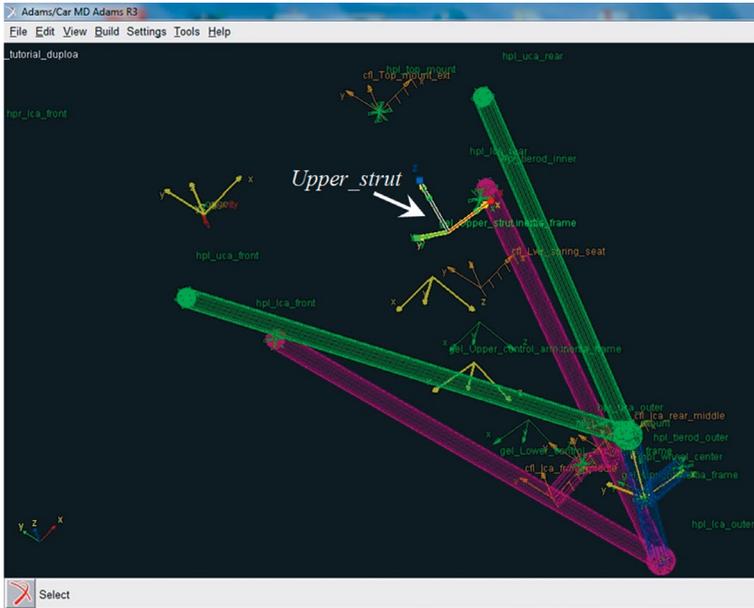


Figura 5.70 – Tela ilustrativa do *General Part* “Upper_strut”.

- Crie outro *General Part* que, juntamente com o *General Part* “Upper_strut”, representará o comportamento do amortecedor e da mola. Para criá-lo acesse o menu *Build* → *Parts* → *General Part* → *New* (Figura 5.71).

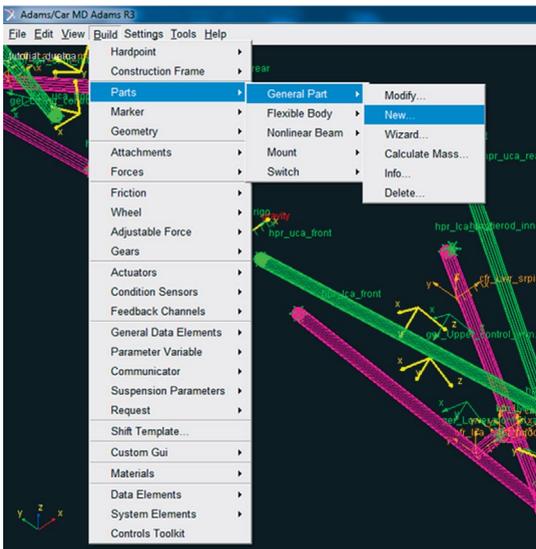


Figura 5.71 – Tela correspondente à opção de construção do *General Part*.

- A janela *Create General Part* será aberta e seus campos deverão ser preenchidos conforme a Figura 5.72.

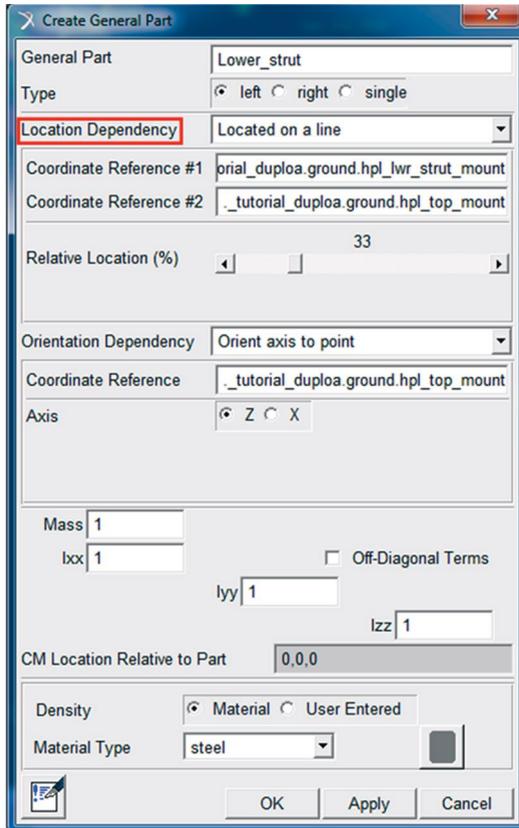


Figura 5.72 – Janela relativa à construção do *General Part* “*Lower_strut*”.

A notar: A escolha da aba *Location Dependency* como “*Located on a Line*”, Figura 5.72, permite que o *General Part* “*Lower_strut*” se situe a 33% da distância entre os dois *Hardpoints* especificados como coordenadas #1 e #2, medido relativamente a coordenada #1.

- Clique em *OK*.
A Figura 5.73 ilustra o *General Part* “*Lower_strut*”.

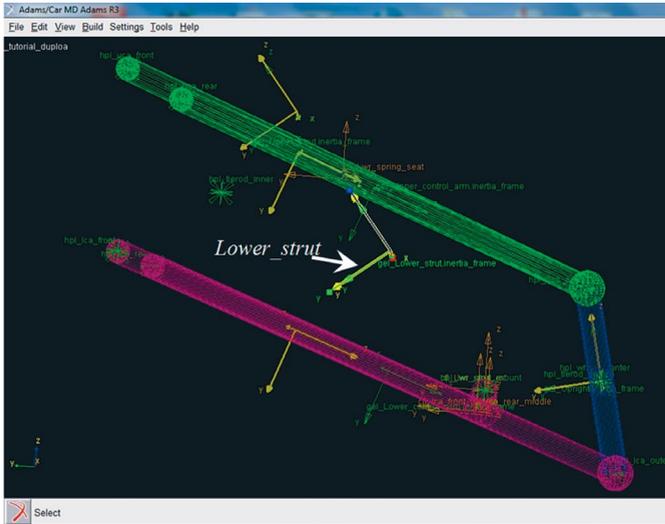


Figura 5.73 – Tela ilustrativa do *General Part* “Lower_Strut”.

Etapa 12 – Definindo parâmetros da suspensão

Nesta etapa, serão definidos os parâmetros de *Camber*, *Toe* (convergência) e *Cáster* da suspensão. Para isso:

- Acesse o menu *Build* → *Suspension Parameters* → *Toe/Camber Values* → *Set* (Figura 5.74).

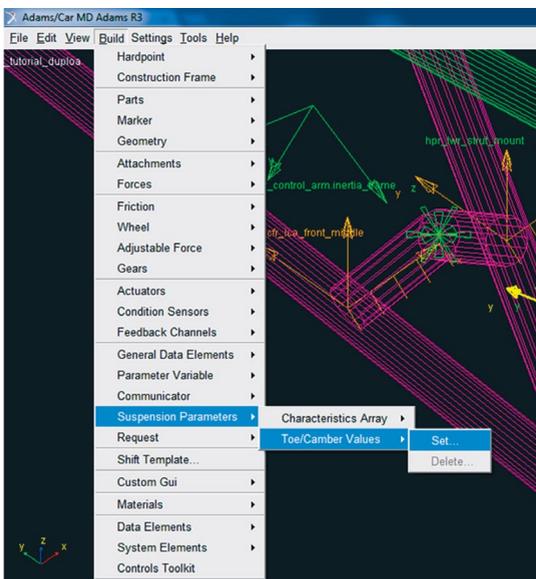


Figura 5.74 – Definição de parâmetros de *Toe* e *Camber* da suspensão.

A janela *Set Toe & Camber Values* será aberta e os valores destes parâmetros deverão ser inseridos nos campos disponíveis, de acordo com o projeto. Note que os valores requeridos se referem a ambos os lados: esquerdo (*Left*) e direito (*Right*) (Figura 5.75).

- Após preenchimento, clique em *OK*.



Figura 5.75 – Janela de inserção dos valores de *Toe* e *Camber* da suspensão *Duplo A*.

A notar: O preenchimento da caixa de diálogo mostrada na Figura 5.75 dá origem a dois parâmetros da geometria da suspensão que serão denominados: *pvl_Toe_Angle* e *pvl_Camber_Angle*. Esses parâmetros pertencem a uma classe denominada *Parameter Variables (pv)* e serão utilizados na construção do *Construction Frame* “*upright_spindle_inr*”, Figura 5.79 – Etapa 13.

A definição do valor de *Caster* da suspensão se dá a partir do preenchimento das informações da Figura 5.77. Para isso:

- Acesse o menu *Build* → *Suspension Parameter* → *Characteristics Array* → *Set* (Figura 5.76).

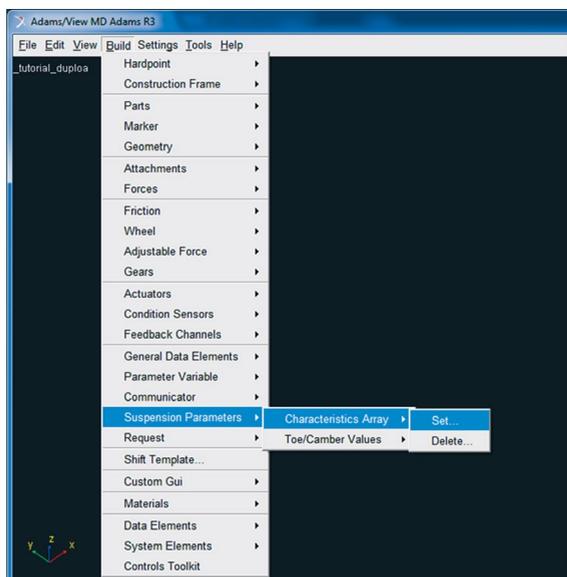


Figura 5.76 – Opção de definição do *Caster* da suspensão *Duplo A*.

- Preencha a janela *Suspension Parameters Array*, conforme ilustrado na Figura 5.77.
- Ao final, clique em *OK*.

Perceba que a suspensão foi definida como independente na aba *Suspension Type*, selecionando-se a opção a partir da seta à direita da aba. O eixo de direção (*Steer axis*) é definido pelos *Hardpoints* inseridos nas abas *I Coordinate Reference*, *J Coordinate Reference*. *I Part* e *J Part* são preenchidos com informações a partir de *General Part*.

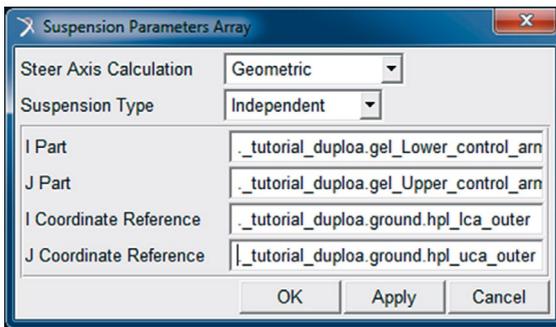


Figura 5.77 – Definição do Caster da suspensão.

Etapa 13 – Construção da geometria relacionada ao cubo de roda

Para construção da geometria (*Geometry*), referente ao cubo de roda, é necessário, primeiramente, criar um novo *Construction Frame*, o qual irá fornecer a orientação das variáveis *Toe* e *Camber*. O preenchimento do campo *Orientation Dependency*, assinalado na Figura 5.79, garante que as características estabelecidas na Etapa 12 sejam atendidas. Assim:

- Acesse o menu *Build* → *Construction Frame* → *New* (Figura 5.78).

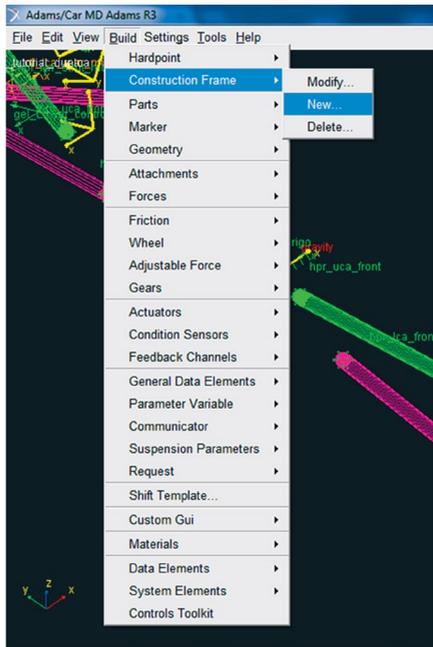


Figura 5.78 – Construção do *Construction Frame* relacionado ao cubo da roda.

A janela *Create Construction Frame* será aberta e os campos deverão ser preenchidos, conforme mostrado na Figura 5.79. Observe que o *Construction Frame* estará localizado no *hpl_Wheel_Center* e terá sua orientação definida pelas variáveis *Toe* e *Camber* declaradas anteriormente.

- Finalizado o preenchimento, clique em *OK*.

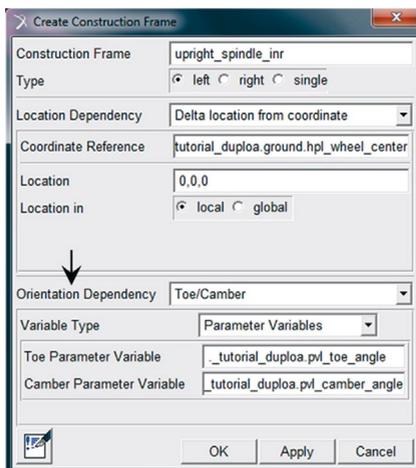


Figura 5.79 – Definindo a posição da *Construction Frame*.

A Figura 5.80 ilustra o *Construction Frame* “*Upright_spindle_inr*”.

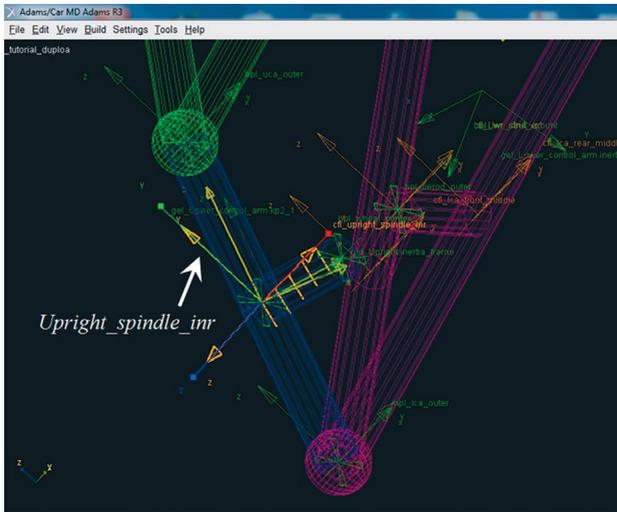


Figura 5.80 – Tela ilustrativa do *Construction Frame* “*upright_spindle_inr*”.

Após esta ação, parte-se para a construção da geometria. Para isso:

- Acesse o menu *Build* → *Geometry* → *Cylinder* → *New*, associado ao *Construction Frame* (Figura 5.81).

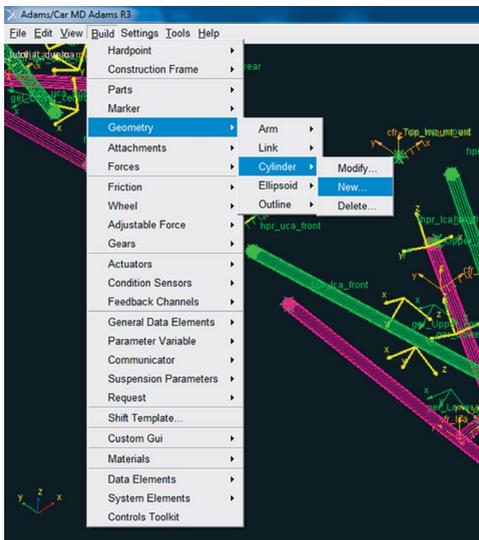


Figura 5.81 – Criação de uma geometria do tipo *Cylinder*.

A notar: A diferença entre as geometrias Link e Cylinder são sutis visualmente, diferenciando-se apenas no modo de suas construções. Enquanto o Link necessita da definição de dois hardpoints e do raio, o Cylinder requer a definição de um Construction Frame. O eixo z do Construction Frame define o eixo longitudinal do cylinder, e seu comprimento é fornecido tanto no sentido positivo quanto negativo do eixo z. O raio do cylinder também é um parâmetro requisitado.

A janela *Create Cylinder Geometry* será aberta e os campos a serem preenchidos estão ilustrados na Figura 5.82. Note que para construção de uma geometria cilíndrica é necessário definir um *Construction Frame* (3º campo) o qual já foi criado anteriormente nesta mesma etapa.

- Clique em OK.

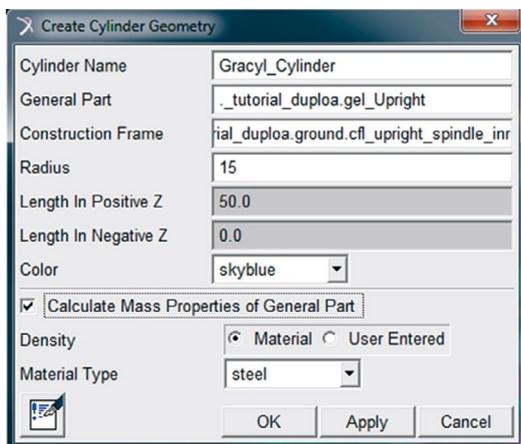


Figura 5.82 – Janela relativa à construção da geometria *Cylinder* referente ao cubo da roda.

A Figura 5.83 ilustra o cilindro representativo do cubo da roda.

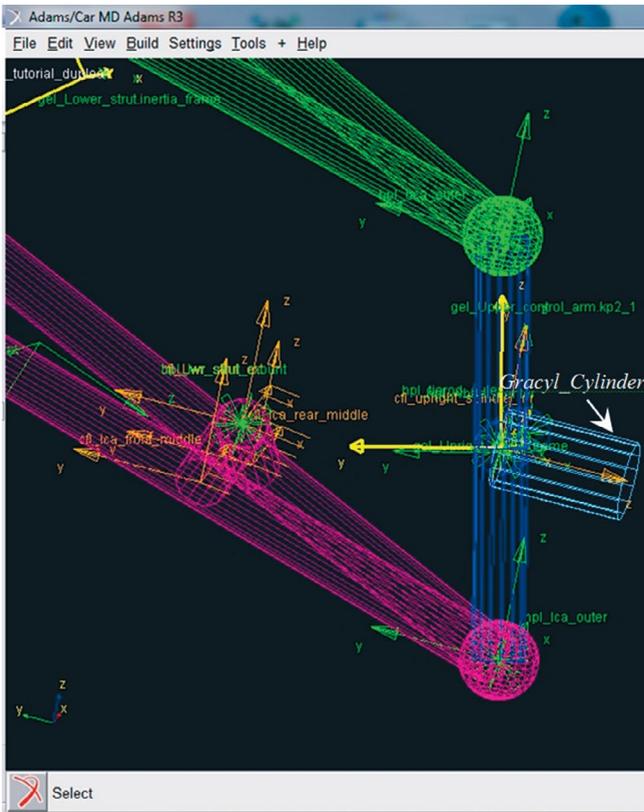


Figura 5.83 – Tela ilustrativa do cilindro *Gracyl_Cylinder*.

Etapa 14 – Construção do amortecedor (*Damper*)

- Para a criação do amortecedor, acesse o menu *Build* → *Forces* → *Damper* → *New* (Figura 5.84).

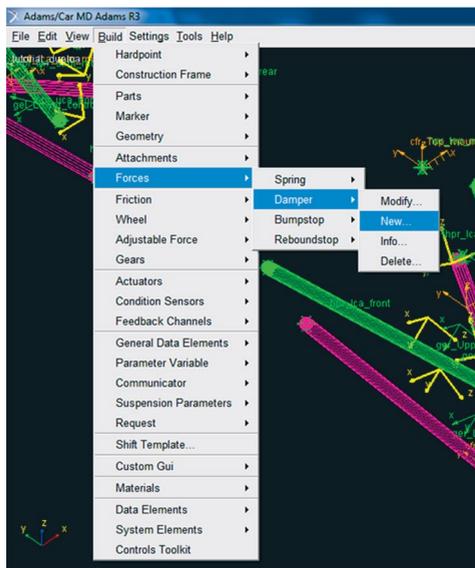


Figura 5.84 – Definição do amortecedor da suspensão.

O preenchimento dos campos da janela *Create Damper* se dá conforme mostrado na Figura 5.85. O amortecedor é definido entre os corpos rígidos (partes) “*Upper_strut*” e “*Lower_strut*” e sua curva característica pode ser inserida do próprio software ou editada manualmente pelo usuário e utilizada no modelo. Como se pode observar na Figura 5.85, no campo *Property File*, as propriedades do amortecedor são definidas no arquivo especificado na biblioteca do software.

- Clique em *OK*.

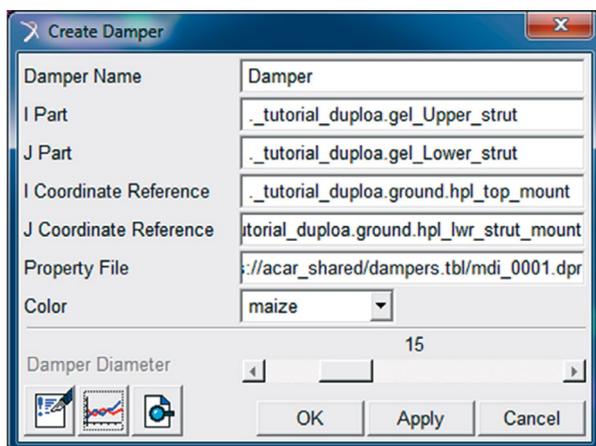


Figura 5.85 – Definição do amortecedor da suspensão.

A Figura 5.86 ilustra o amortecedor construído.

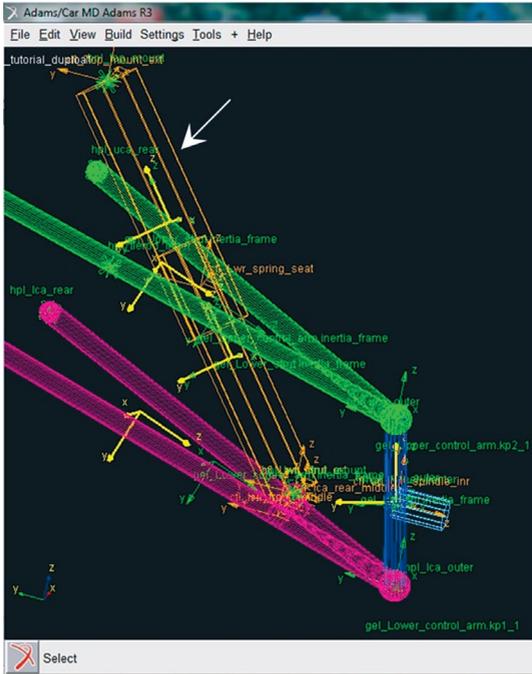


Figura 5.86 – Tela ilustrativa do amortecedor construído.

- Salve seu projeto.

Etapa 15 – Construção da mola (*Spring*)

Nesta etapa, será definida a mola da suspensão. Ressalta-se que a mola não é considerada um corpo rígido, portanto sua criação não será por meio da criação de um *General Part*. No ADAMS/Car, a mola é definida por meio da criação de uma força (*Forces*). Entretanto, o processo de construção da mola necessita, antes, da criação de um *Mount*, que pode ser criado acessando-se o menu *Build* → *Parts* → *Mount* → *New* (Figura 5.87).

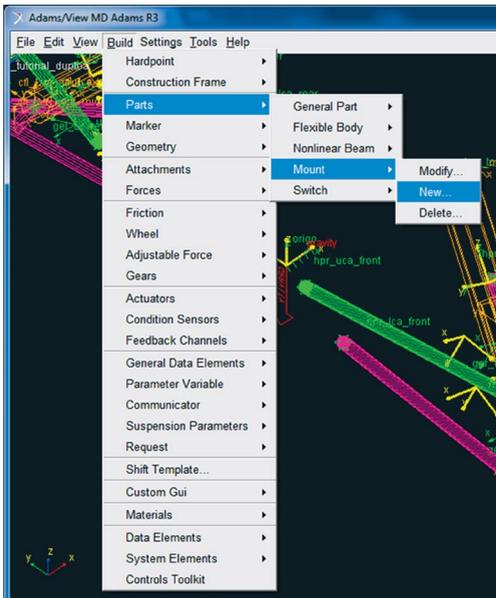


Figura 5.87 – Criação do *Mount* para construção da mola.

A janela *Create Mount Part* será aberta, e os campos a serem preenchidos estão ilustrados na Figura 5.88.

- Clique em OK.

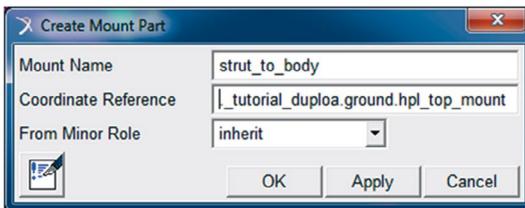


Figura 5.88 – Janela de criação do *Mount* para construção da mola.

A Figura 5.89 ilustra o *Mount* criado.

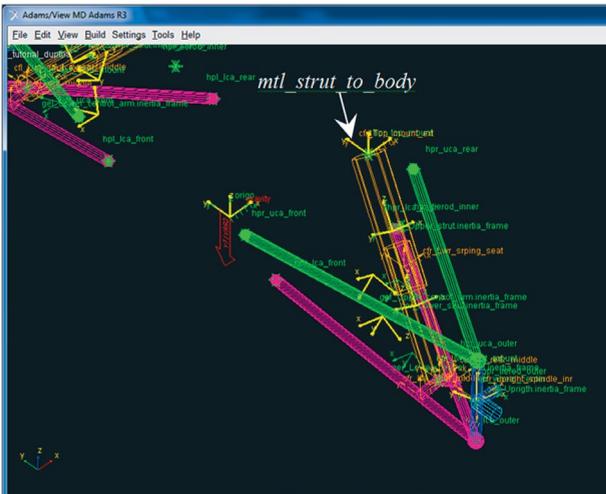


Figura 5.89 – Tela ilustrativa do *Mount* para a construção da mola

- Com o *Mount* construído, é possível, então, criar a mola. Para isso, acesse o menu *Build* → *Forces* → *Spring* → *New* (Figura 5.90).

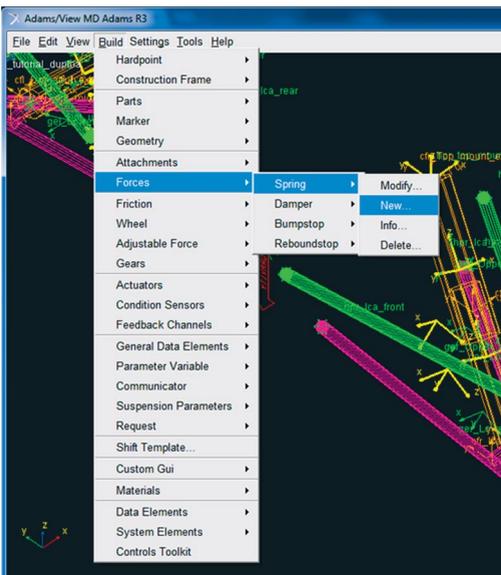


Figura 5.90 – Janela de opção para criação de uma mola.

- Preencha os campos da janela *Create Spring* conforme mostrado na Figura 5.91. Note que a mola é definida entre o corpo rígido *Lower_control_arm* e *mount* que se criou nessa etapa *mtl_strut_to_body*. A curva característica da mola pode ser editada manualmente pelo usuário e salva

em arquivo externo ou podem ser utilizadas informações da própria biblioteca do software (campo *Property File*) como é o caso deste modelo.

- Clique em OK.

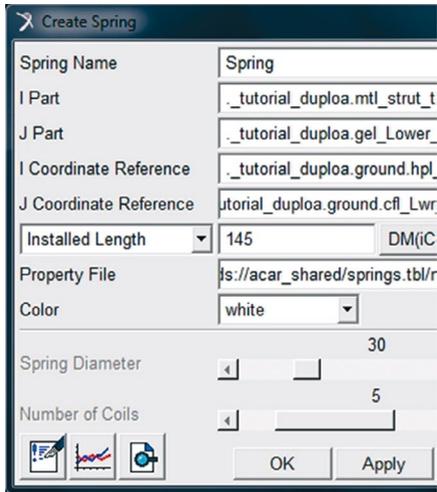


Figura 5.91 – Janela correspondente à definição da mola da suspensão.

A Figura 5.92 ilustra a mola construída.

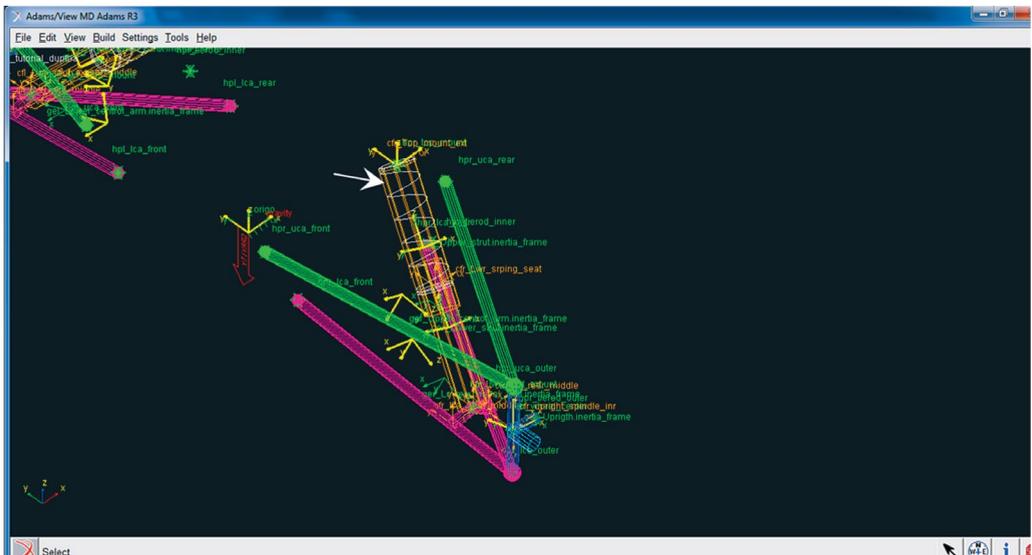


Figura 5.92 – Mola construída.

A notar: BumpStop ou batente de suspensão tem a função de limitar o funcionamento do conjunto mola e amortecedor, evitando deslocamentos que possam prejudicar o funcionamento do conjunto.

- É necessário criar o *Bumpstop* da suspensão para limitar o seu deslocamento. Para isso, acesse o menu *Build* → *Forces* → *Bumpstop* → *New* (Figura 5.93).

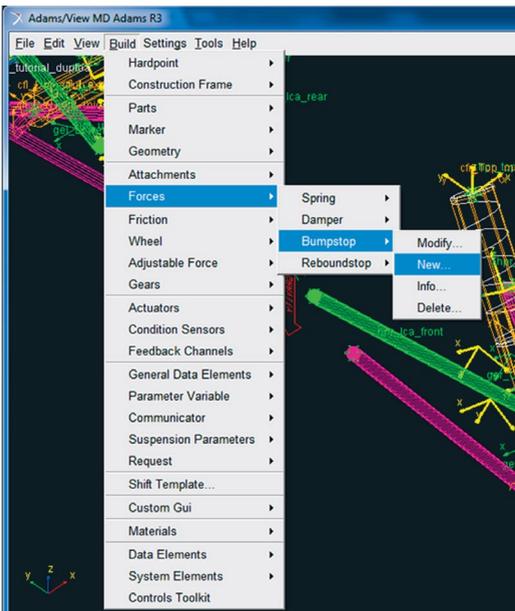


Figura 5.93 – Criando *Bumpstop*.

- Preencha os campos da janela *Create Bumpstop* conforme mostrado na Figura 5.94. A curva característica do *Bumpstop* pode ser editada manualmente pelo usuário e salvo em arquivo externo ou podem ser utilizadas informações da própria biblioteca do software (campo *Property File*) como é o caso deste modelo.
- Clique em *OK*.

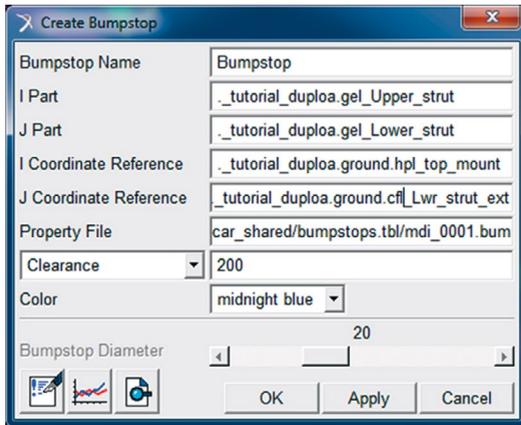


Figura 5.94 – Janela de definição das características do *Bumpstop*.

A Figura 5.95 ilustra o *Bumpstop* construído.

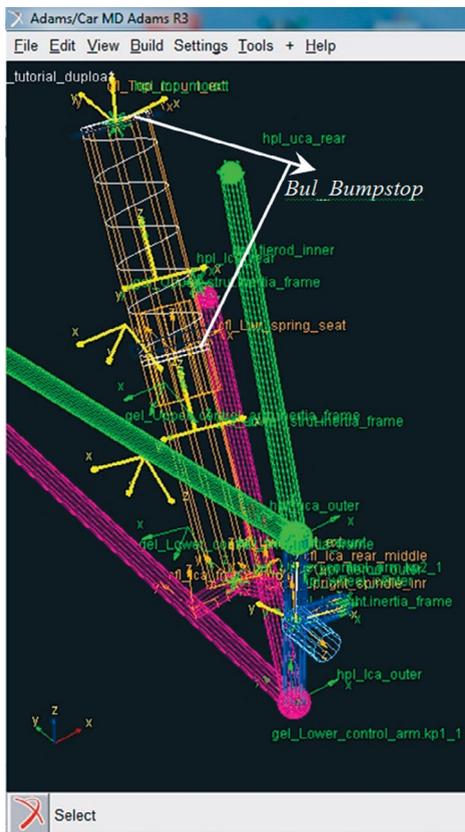


Figura 5.95 – Tela ilustrativa do *Bumpstop* criado nas extremidades da mola.

- Salve seu projeto.

Etapa 16 – Construção da barra de direção (*Tierod*)

Nesta etapa, será construída a barra de direção, a qual será um *General Part* denominado por *Tierod*.

- Acesse o menu *Build* → *Parts* → *General Part* → *New* (Figura 5.96).

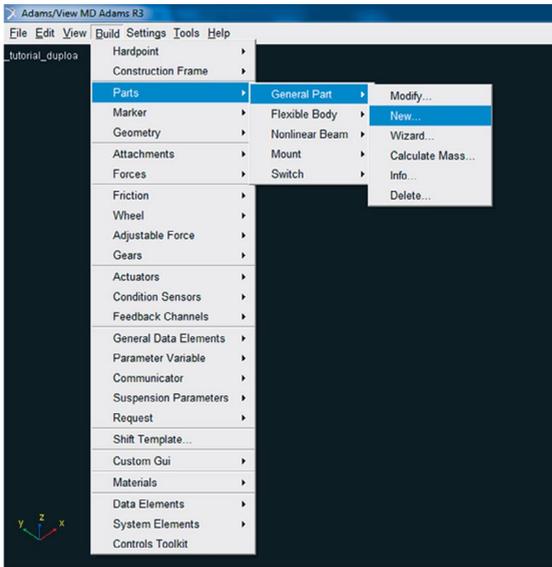


Figura 5.96 – Janela correspondente à criação do *General Part* “*Tierod*”.

- Preencha os campos da janela *Create General Part*, conforme ilustrado na Figura 5.97.

Note que a geometria (*Geometry*) associada a este *General Part* será do tipo *Link*, sendo este último definido pelos *Hardpoint* “*hpl_tierod_inner*” e “*hpl_tierod_outer*”.

- Clique em *OK*.

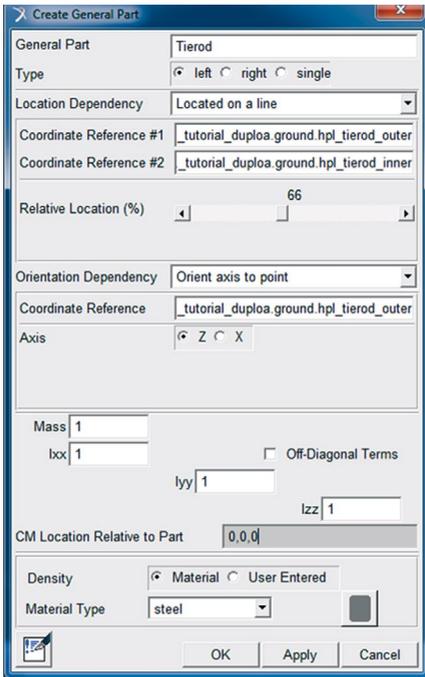


Figura 5.97 – Preenchimento da caixa de diálogo para construção do *General Part* “Tierod”.

A Figura 5.98 ilustra como a suspensão deve estar até o presente momento.

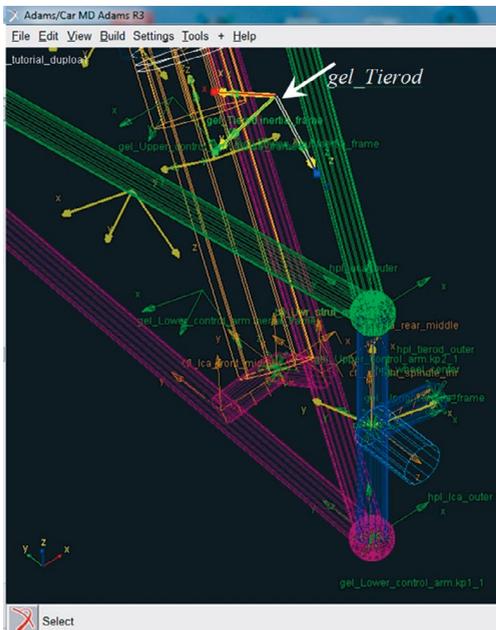


Figura 5.98 – Ilustração do *General Part* “Tierod” construído.

- Para criação do *Link* referente ao braço de direção, acesse o menu *Build* → *Geometry* → *Link* → *New* (Figura 5.99).

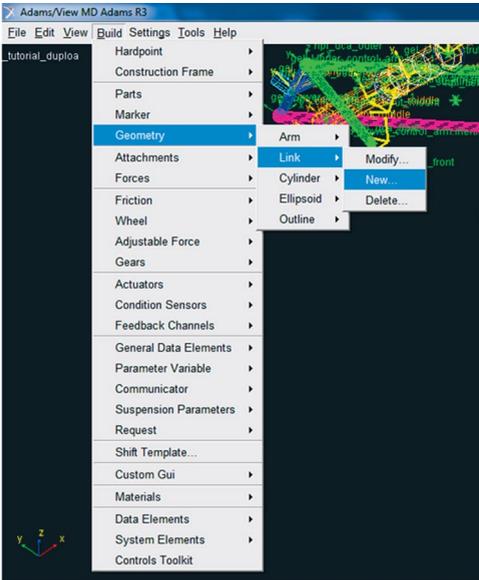


Figura 5.99 – Janela correspondente à criação da geometria referente *General Part* “Tierod”.

- Preencha os campos da janela *Create Link Geometry*, conforme mostrado na Figura 5.100.

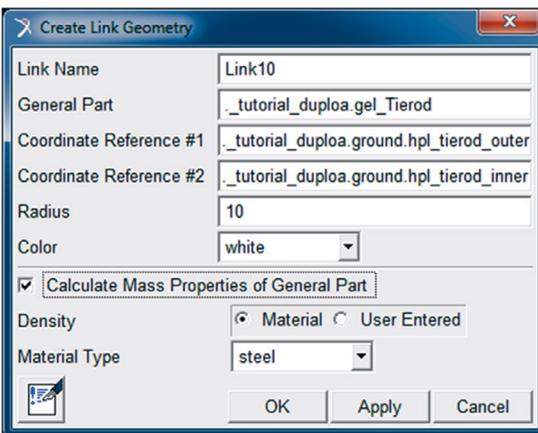


Figura 5.100 – Janela de criação do *link* referente ao braço de direção.

- Clique em *OK*.

A Figura 5.101 ilustra o braço de direção criado a partir das informações da Figura 5.100.

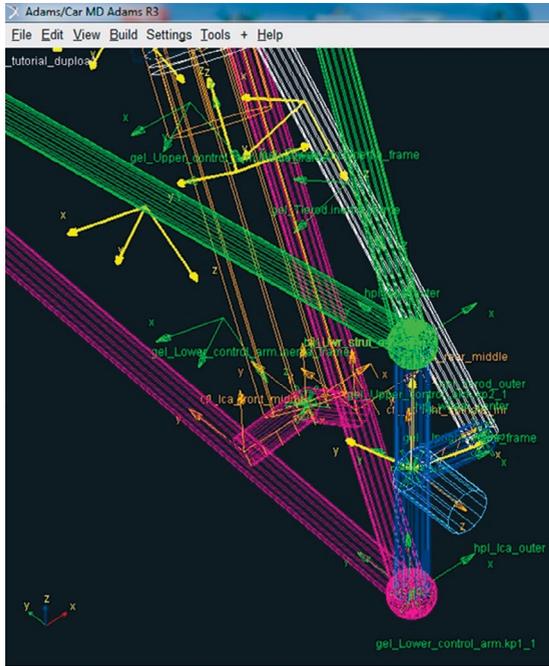


Figura 5.101 – Ilustração do *Link* representando a barra de direção (em branco).

- Em seguida, crie esferas nas extremidades do *Link10* (Figura 5.100). Para a criação dessas esferas, acesse o menu *Build* → *Geometry* → *Ellipsoid* → *New* (Figura 5.102).

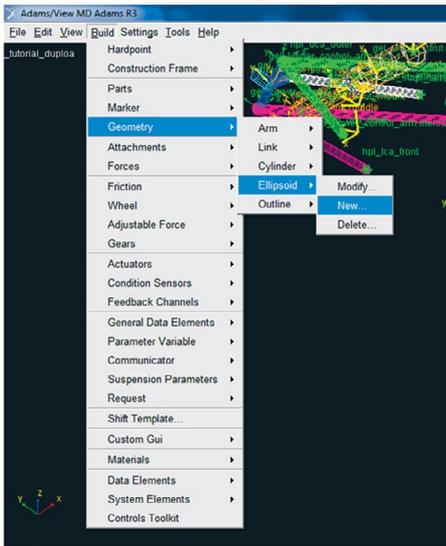


Figura 5.102 – Janela correspondente à criação de esferas utilizando a opção *Ellipsoid*.

- A janela *Create Ellipsoid Geometry* será aberta. Os campos deverão ser preenchidos conforme Figura 5.103. Lembre-se que o campo *Calculate Mass Properties of General Part* deverá estar selecionado para atualização das propriedades de massa do *General Part* “Tierod”.
- Clique em *Apply*.

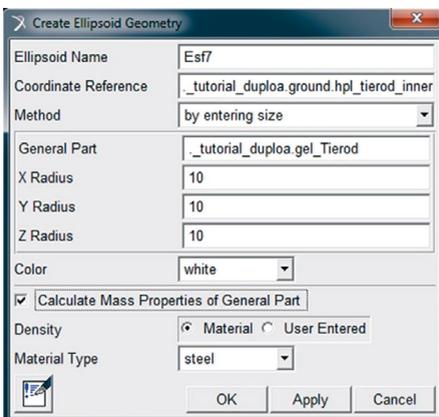


Figura 5.103 – Janela relativa à criação da esfera do *Link10*.

- Repita o procedimento descrito acima para a construção de outra esfera a se situar no *Hardpoint hpl_tierod_outer*. O preenchimento da janela *Create Ellipsoid Geometry* para essa geometria está ilustrado na Figura 5.104.

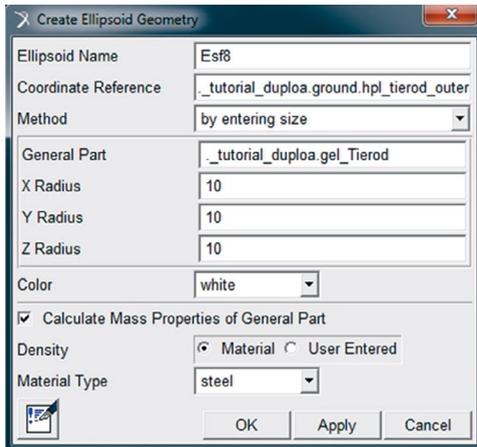


Figura 5.104 – Preenchimento da janela de criação da esfera *Esf8*.

- Clique em OK.
- A Figura 5.105 ilustra as esferas criadas nas extremidades da barra de direção, segundo as Figuras 5.103 e 5.104.
- Salve seu projeto.

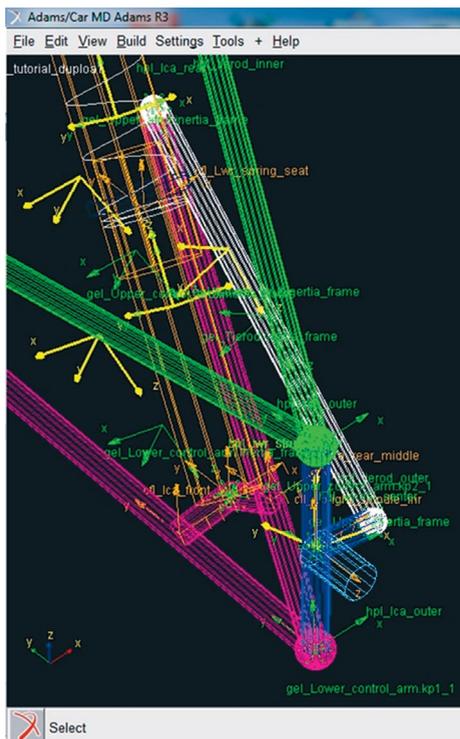


Figura 5.105 – Ilustração das esferas criadas nas extremidades da barra de direção (em branco).

Etapa 17 – Criação dos *Mounts* de conexão da suspensão

Nesta etapa, serão criados três *Mounts* denominados *uca_to_body*, *subframe_to_body* e *tierod_to_steering*, os quais são classificados como *Parts*, de acordo com o ADAMS/Car.

Esses *Mounts* possuem a função de estabelecer a conexão (compatibilidade de informação) de um subsistema com outro, no caso a suspensão com o chassi (*body*) e o sistema de direção. Durante a simulação, a transferência de dados de um subsistema para o outro é feita por meio desta comunicação (*Mount*). Para criar um *Mount*:

- Acesse o menu *Build* → *Parts* → *Mount* → *New* (Figura 5.106).

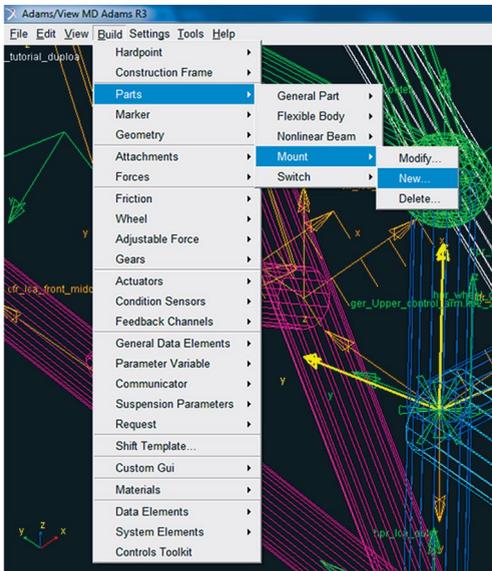


Figura 5.106 – Ilustração do menu/opções correspondente à criação do *Mount* “*uca_to_body*”.

- A janela *Create Mount Part* deverá ter seus campos preenchidos, conforme mostrado na Figura 5.107.

Note que o nome do *Mount* deve ser exatamente o mesmo definido no outro subsistema, nesse caso, o chassi, ou seja, no chassi deve haver um *Mount* de mesma denominação.

Ainda com relação a Figura 5.107, a coordenada de referência utilizada é o *Hardpoint* “*hpl_uca_front*”.

- Ao finalizar a operação clique em *Apply*.

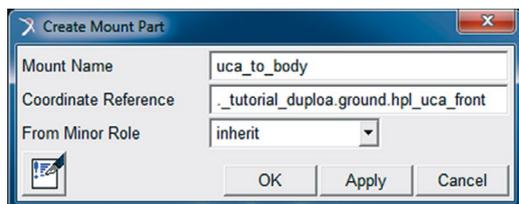


Figura 5.107 – Janela correspondente à criação do Mount “uca_to_body”.

Na Figura 5.108 o Mount “uca_to_body” está destacado com uma seta branca.

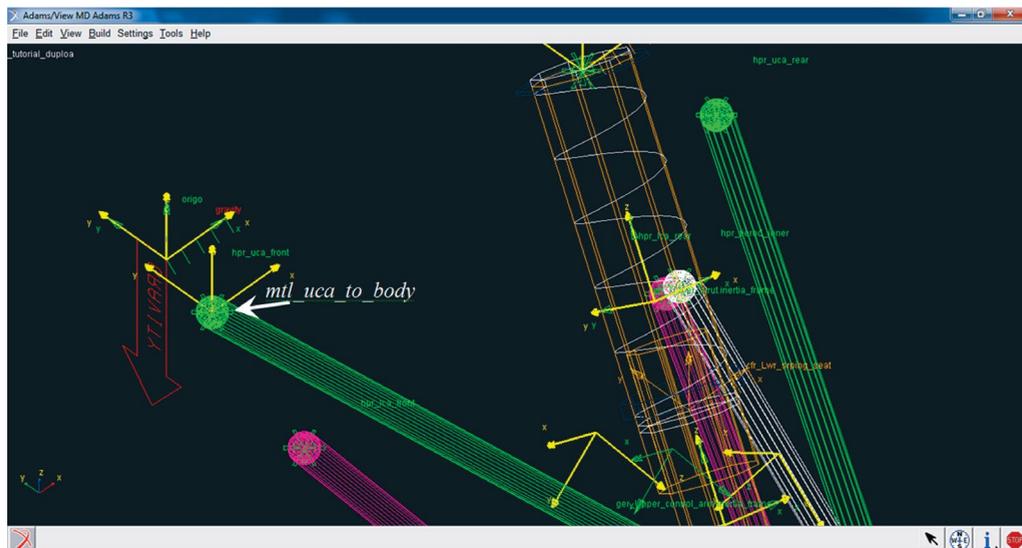


Figura 5.108 – Ilustração do Mount “uca_to_body” criado.

- Repita o procedimento anterior para criação dos dois outros Mounts, “subframe_to_body” e “tierod_to_steering”. Para isso:
- Utilize o preenchimento apresentado na Figura 5.109 para o Mount “subframe_to_body” e o preenchimento dado na Figura 5.110 para o Mount “tierod_to_steering”.

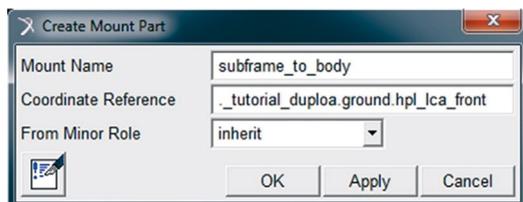


Figura 5.109 – Preenchimento da caixa de diálogo relativa à criação do Mount “subframe_to_body”.

Tabela 5.2 – Juntas do modelo multiconpos da suspensão

Junta	Tipo	General Parts
1	Esférica	<i>Uprighth e Lower_control_arm</i>
2	Esférica	<i>Uprighth e Upper_control_arm</i>
3	Esférica	<i>Uprighth e Tierod</i>
4	Revoluta	<i>Spindle e Uprighth</i>

Para inserção das juntas da suspensão:

- Acesse o menu *Build* → *Attachments* → *Joints* → *New* (Figura 5.112).

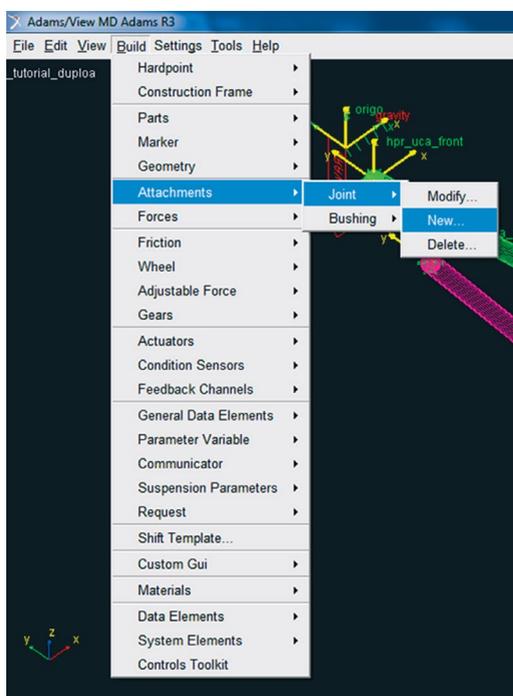


Figura 5.112 – Janela correspondente à criação de uma Junta, utilizando a opção *Joint*.

Os campos da janela *Create Joint Attachment* deverão ser preenchidos, conforme ilustrado na Figura 5.113 e de acordo com a Tabela 5.2.

- Após finalizar o preenchimento sugerido na Figura 5.113, clique em *Apply*.

- Em seguida, defina a junta 2 (Tabela 5.2), preenchendo a janela *Create Joint Attachment*, mostrada na Figura 5.115.

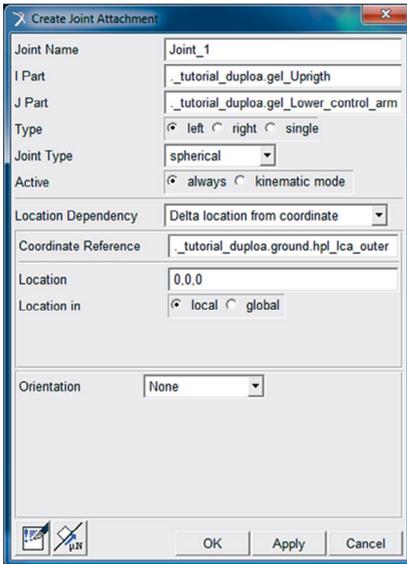


Figura 5.113 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da Junta 1.

A Figura 5.114 ilustra a junta 1 construída.

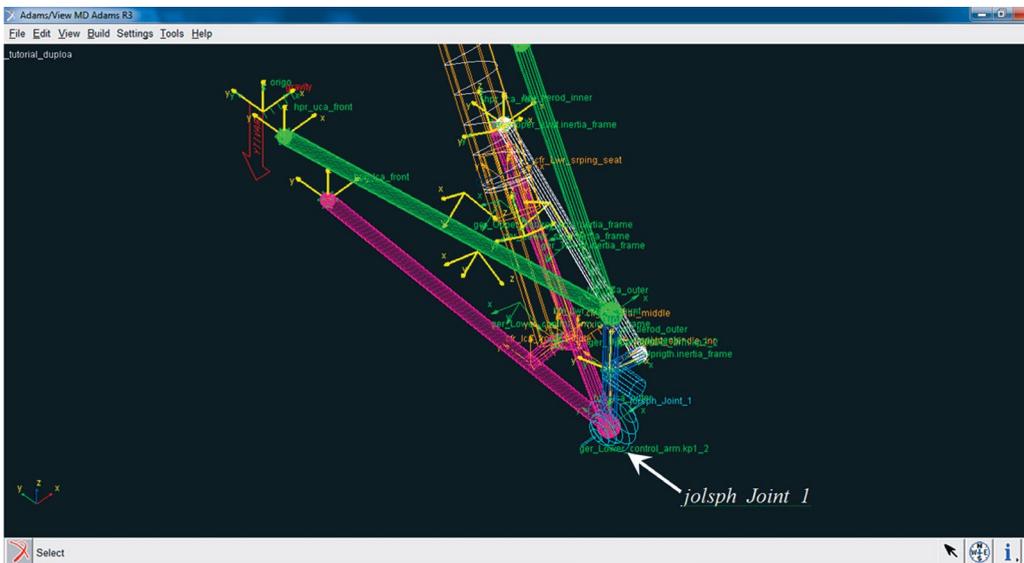


Figura 5.114 – Ilustração da junta 1 construída.

*A notar: Perceba que a nomenclatura de juntas no ADAMS/Car segue a seguinte denominação; **jol** para especificação que o tipo de Attachment utilizado é uma junta à esquerda seguida da especificação do tipo, no caso da Junta_1 trata-se de uma junta esférica (spherical).*

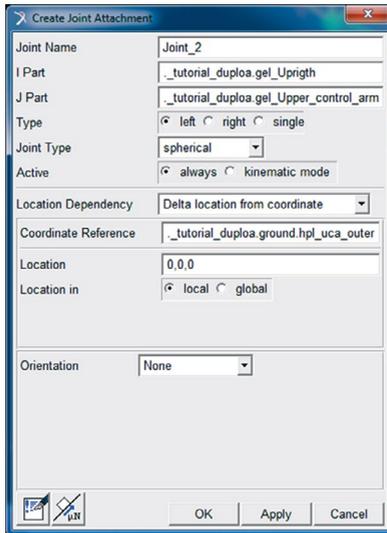


Figura 5.115 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da Junta 2.

A Figura 5.116 ilustra a junta 2 construída.

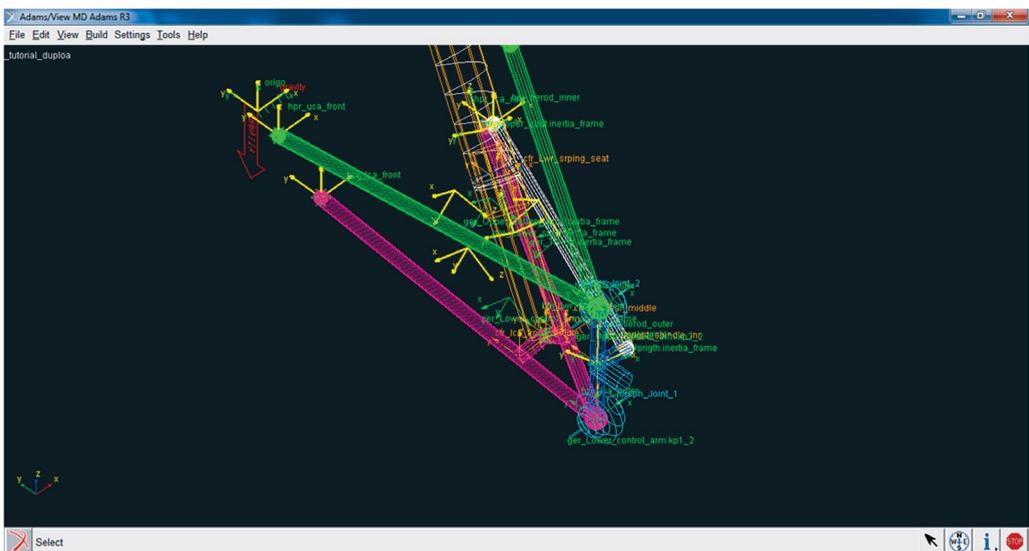


Figura 5.116 – Ilustração da junta 2 construída.

Para construção da junta 3, proceda como sugerido a seguir:

- Preencha os campos da janela *Create Joint Attachment*, conforme a Figura 5.117.
- Clique em OK.

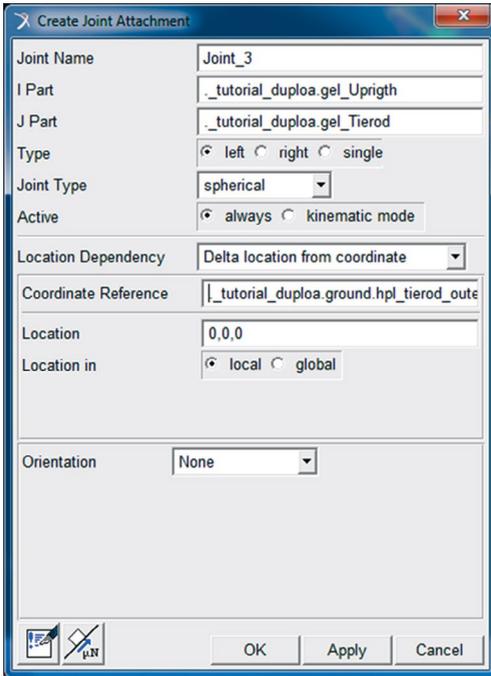


Figura 5.117 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da Junta 3.

A Figura 5.118 ilustra a junta 3 construída.

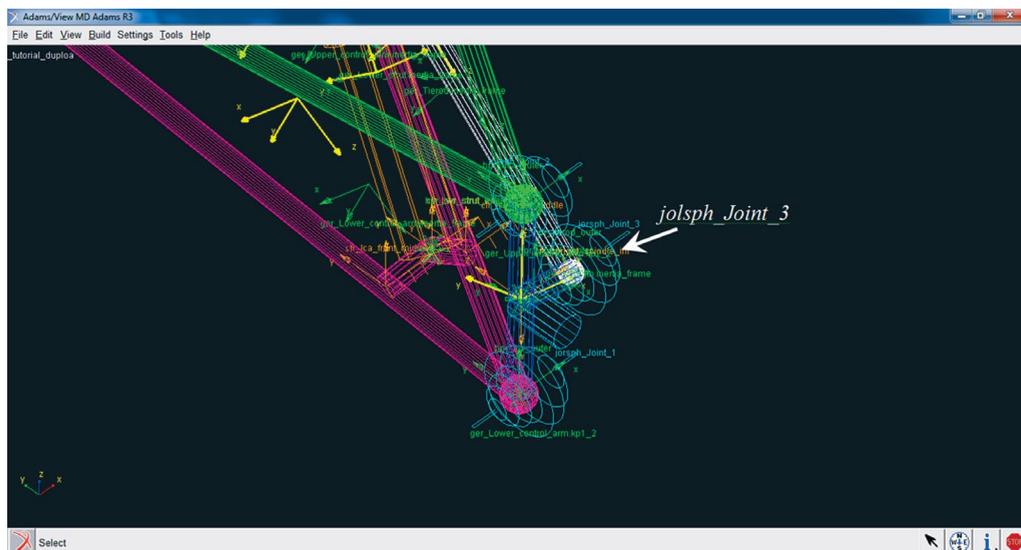


Figura 5.118 – Ilustração da junta 3 construída.

Neste ponto, antes da construção da próxima junta (*Joint_4*), que será uma junta revolvente (Tabela 5.2), deve-se proceder a construção de um *General Part* denominado *Spindle*. Perceba que, tanto sua localização (*Location Dependency*), quanto sua orientação (*Orientation Dependency*) são dependentes do *Construction Frame (cfl)* “*Upright_spindle_inr*”, Figura 5.79 e Figura 5.80. As informações para construção do *General Part* deve seguir o especificado na Figura 5.119 (a).

- Acesse *Build* → *Parts* → *General Part* → *New*.
- Após preenchimento, clique em *OK*.

A Figura 5.119 (b) ilustra a criação do *General Part* “*Spindle*”.

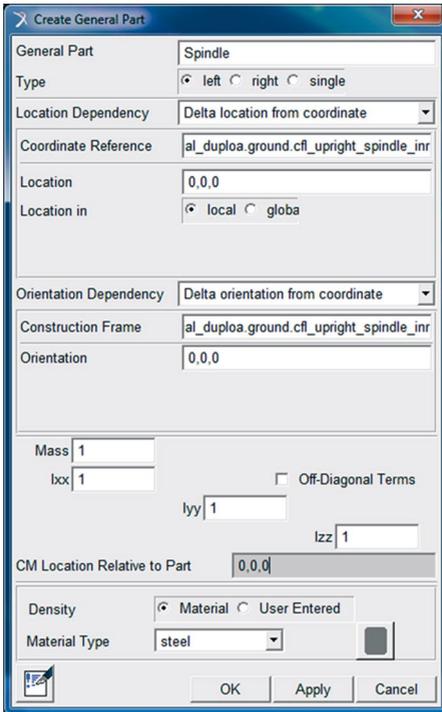


Figura 5.119 (a) – Preenchimento da caixa de diálogo para criação do *General Part* “Spindle”.

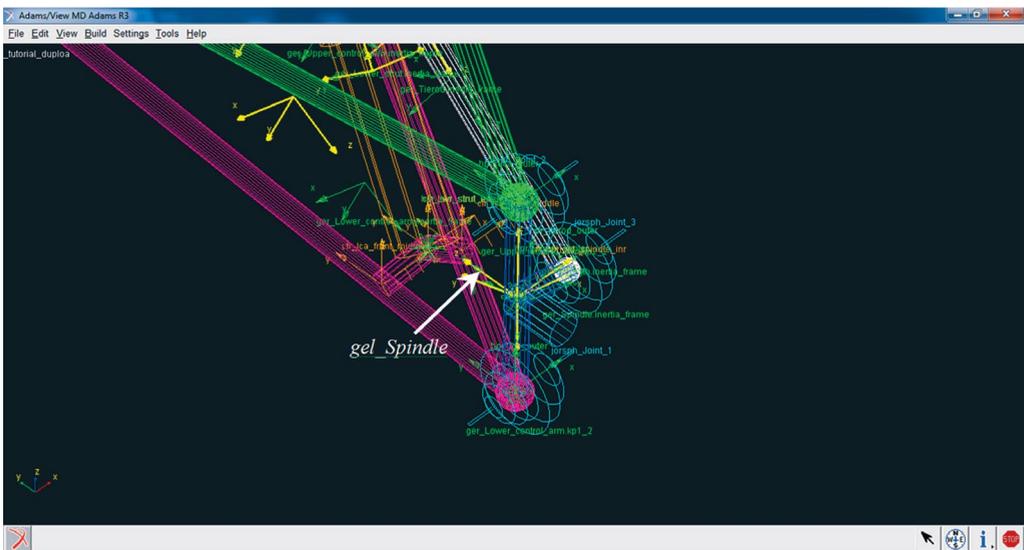


Figura 5.119 (b) – *General Part* “Spindle” construído.

Em seguida, parte-se para a construção da quarta junta, que é revoluta (Tabela 5.2). Para tanto, siga as instruções abaixo:

- Acesse a opção *Build* → *Attachments* → *Joints* → *New*.
- Preencha os campos da janela *Create Joint Attachment*, conforme a Figura 5.120.
- Clique em *OK*.
- Salve seu projeto.

A Figura 5.121 traz a tela resultante, referente a este passo.

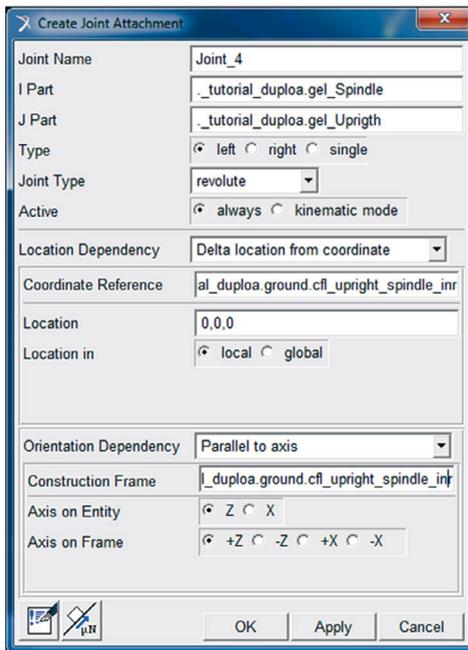


Figura 5.120 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da Junta 4.

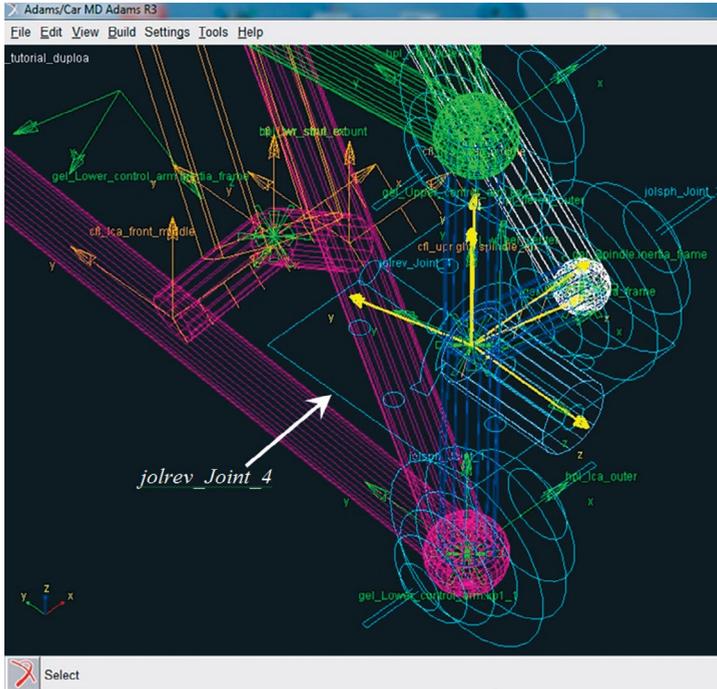


Figura 5.121 – Tela ilustrativa da criação da Junta 4 construída.

Etapa 19 – Junta de ligação entre os braços da suspensão e o chassi

Nesta etapa, será criado o par de juntas responsáveis pela restrição dos graus de liberdade entre o chassi e os braços de suspensão. Para inserção das juntas da suspensão, siga:

- Acesse o menu *Build* → *Attachments* → *Joints* → *New* (Figura 5.122).

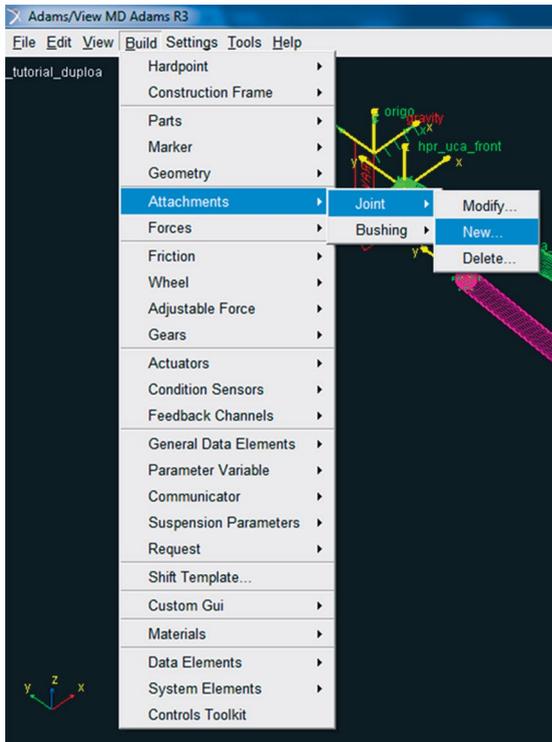


Figura 5.122 – Janela correspondente ao menu para criação de juntas.

- Na janela *Create Joint Attachment*, preencha os campos, conforme mostrado na Figura 5.123. Note que esta junta é do tipo revoluta (*Revolute*) e é construída entre o *General Part* “*gel_Lower_control_arm*” e o *Mount* “*mtl_subframe_to_body*”.
 - Após preenchimento sugerido, clique em OK.
- A Figura 5.124 destaca a junta criada.

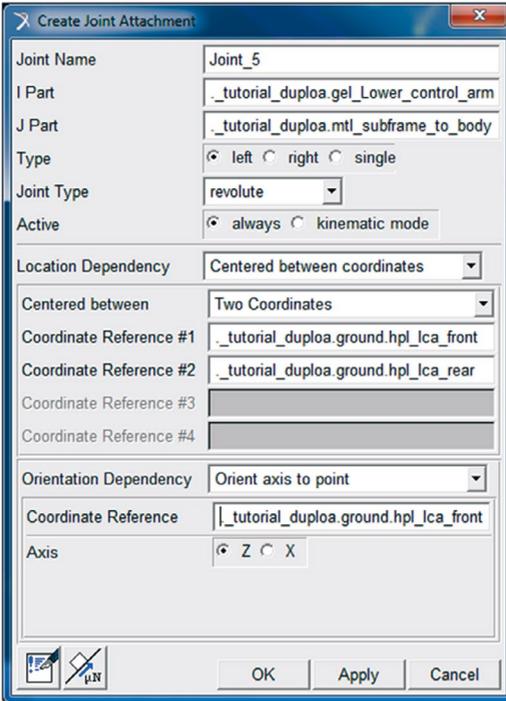


Figura 5.123 – Preenchimento de caixa de diálogo para criação da Junta 5.



Figura 5.124 – Tela ilustrativa da Junta 5 construída.

O procedimento descrito aqui deve, então, ser repetido para a bandeja superior da suspensão. Sendo assim, prossiga:

- Na janela *Create Joint Attachment*, preencha os campos, conforme mostrado na Figura 5.125. Note que essa junta é do tipo revoluta e é construída entre o *General Part* “*gel_Upper_control_arm*” e o *Mount* “*mtl_uca_to_body*”.
- Clique em OK.
- Salve seu projeto.

A Figura 5.126 destaca a junta criada, segundo a sugestão de preenchimento apresentada na Figura 5.125.

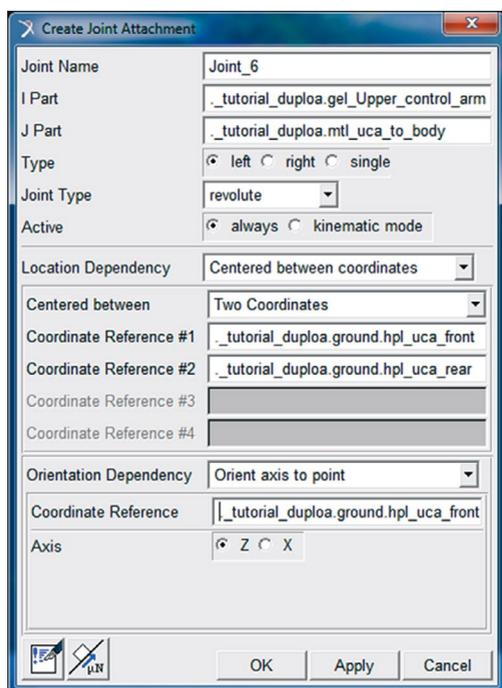


Figura 5.125 – Preenchimento de caixa de diálogo para criação da Junta 6.

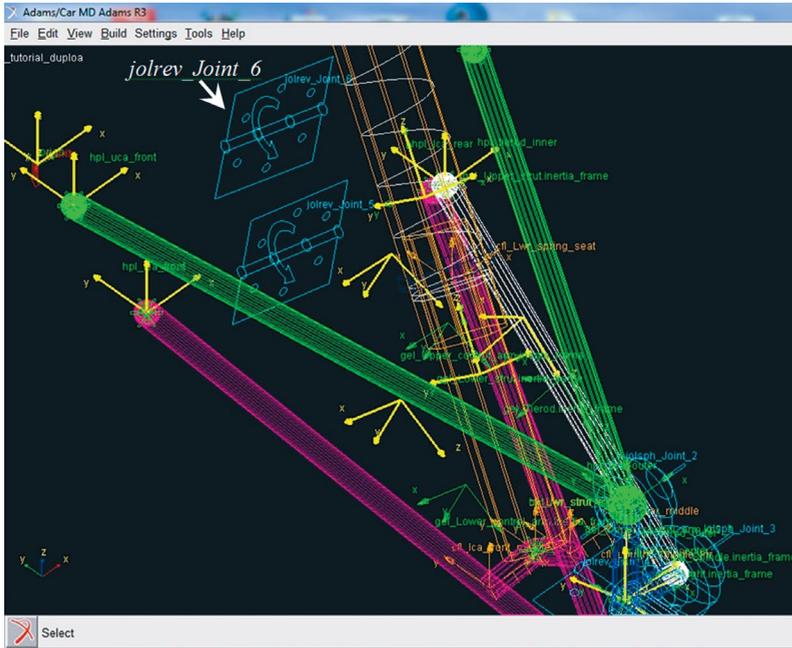


Figura 5.126 – Tela ilustrativa da Junta 6 criada.

Etapa 20 – Criação da junta *Hooke*

Nesta etapa, serão construídas duas juntas *Hooke*, as quais têm como coordenadas de referência (*Coordinate Reference*) os *Hardpoint* “*hpl_lwr_strut_mount*” para a Junta 7 e “*top_mount*” para a junta 8. Ambas possuem a função de, respectivamente, restringir graus de liberdade entre o braço e o amortecedor e entre o amortecedor e o chassi. Para cumprir esta Etapa:

- Acesse o menu *Build* → *Attachments* → *Joint* → *New* (Figura 5.127).

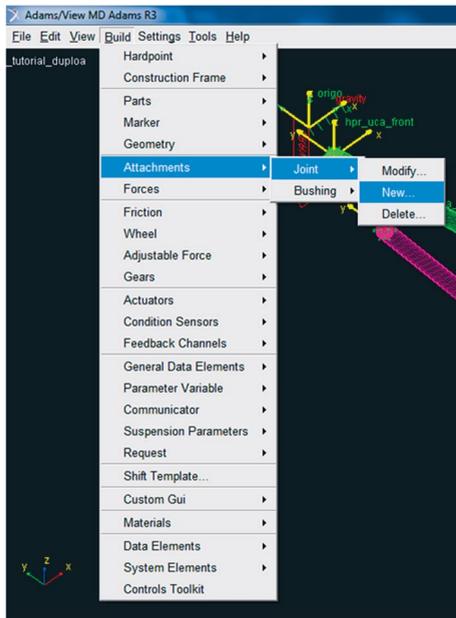


Figura 5.127 – Janela correspondente ao menu para criação da Junta 7.

- Preencha os campos da janela *Create Joint Attachment*, de acordo com o mostrado na Figura 5.128.

Note que essa junta está sendo criada entre o *General Part* “*gel_Lower_strut*” e o *General Part* “*Lower_control_arm*”.

- Clique em *OK*, ao finalizar.

A Figura 5.129 ilustra a junta *Hooke* construída, a partir do preenchimento da caixa de diálogo mostrada na Figura 5.128.

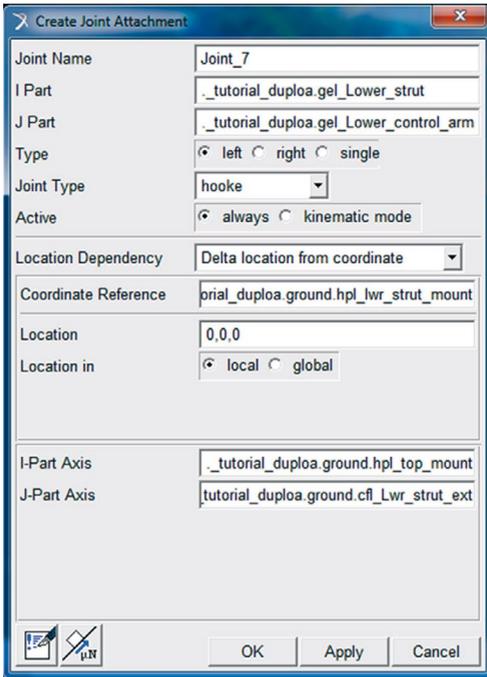


Figura 5.128 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da junta 7, do tipo *Hooke*.

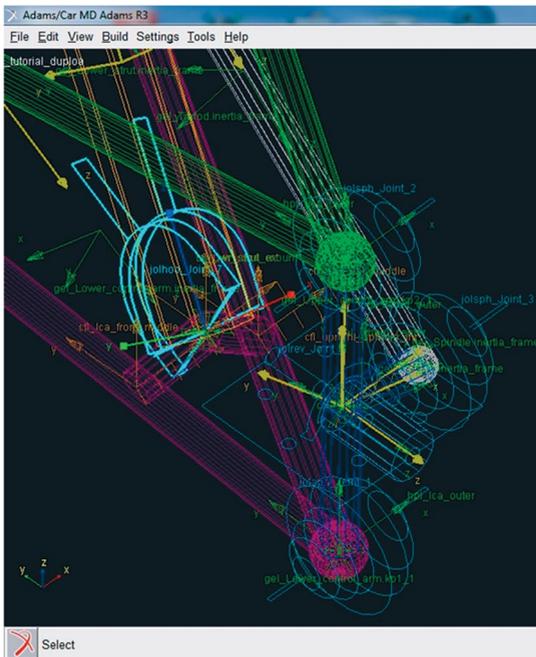


Figura 5.129 – Ilustração em destaque da junta *Hooke* construída.

Para criação da junta que restringirá graus de liberdade entre o amortecedor e o chassi é necessário que o preenchimento dos campos da janela *Create Joint Attachment* esteja de acordo com a Figura 5.130. Está será entre o *General Part* “*gel_Upper_strut*” e o *Mount* “*mtr_strut_to_body*”.

- Clique em OK.
- Salve seu projeto

A Figura 5.131 ilustra a junta *Hooke* construída.

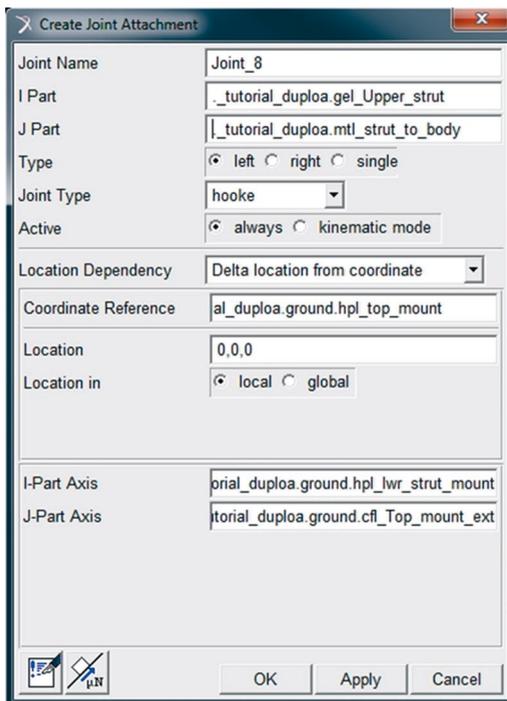


Figura 5.130 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da junta 8 tipo *Hooke*.



Figura 5.131 – Ilustração em destaque da junta *Hooke* construída.

Etapa 21 – Criação da junta no eixo de direção (*Convel Joint*)

Nesta etapa, será criada uma junta do tipo *Convel*, no eixo de direção (*Tie rod*). Essa junta restringirá os movimentos desse eixo no subsistema Sistema de Direção.

Para criar a referida junta no eixo de direção, proceda assim:

- Acesse o menu *Build* → *Attachments* → *Joint* → *New* (Figura 5.132).

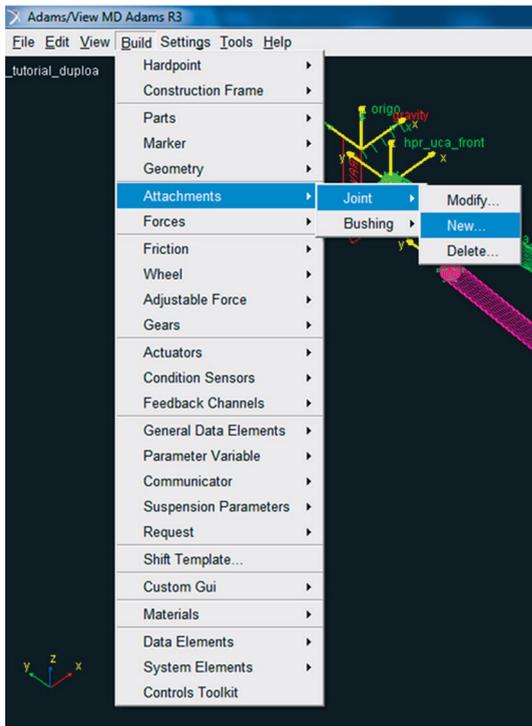


Figura 5.132 – Janela correspondente ao menu para criação da junta *Convel*.

- Crie a junta do tipo *Convel*, conforme ilustrado na Figura 5.133.
- Note que essa junta é definida pelo *General Part* “*gel_tierod*” e o *Mount* “*mtl_tierod_to_steering*”. Atente-se para o *Hardpoint* destacado na Figura 5.133, perceba que *J – Part Axis* é um *Hardpoint* situado à direita.
- Após preenchimento, clique em *OK*.
- Salve seu projeto.

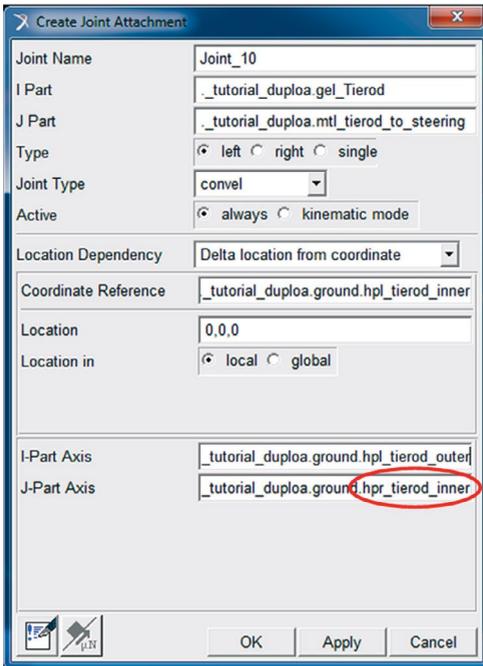


Figura 5.133 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da junta *Convel*.

A Figura 5.134 ilustra a junta do eixo de direção construída.

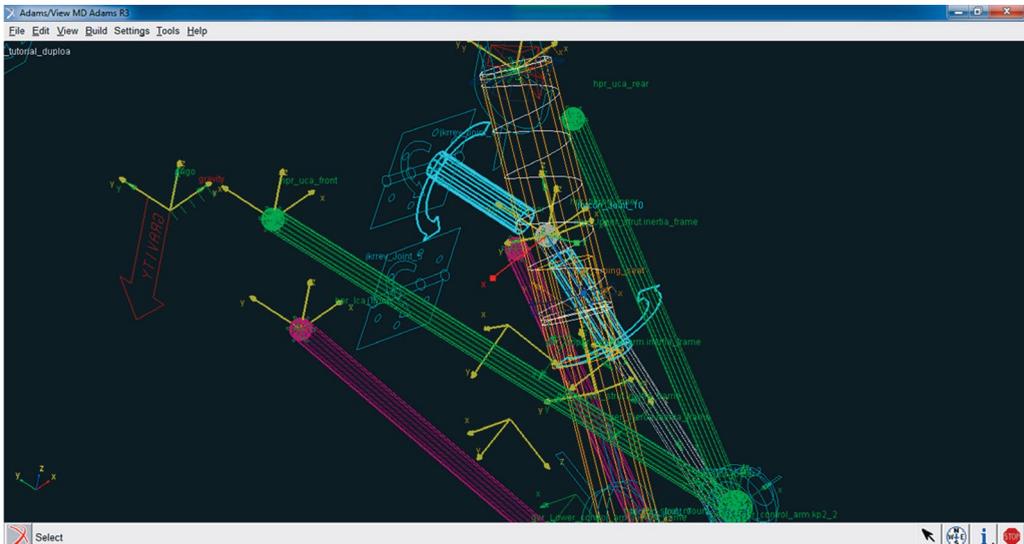


Figura 5.134 – Ilustração em destaque da junta *Convel* do eixo de direção construída.

Etapa 22 – Construção das junções por buchas (*Bushing Attachments*)

Nesta etapa, serão criadas as buchas da suspensão em um total de quatro buchas entre o chassi e os braços da suspensão, ou seja, uma em cada extremidade do braço de suspensão e duas buchas nas extremidades do amortecedor, que se fixam ao chassi.

- Para criar a primeira bucha, a qual estará localizada na mesma coordenada que o *Hardpoint* “*hpl_lca_front*”, acesse o menu *Build* → *Attachments* → *Bushing* → *New* (Figura 5.135).

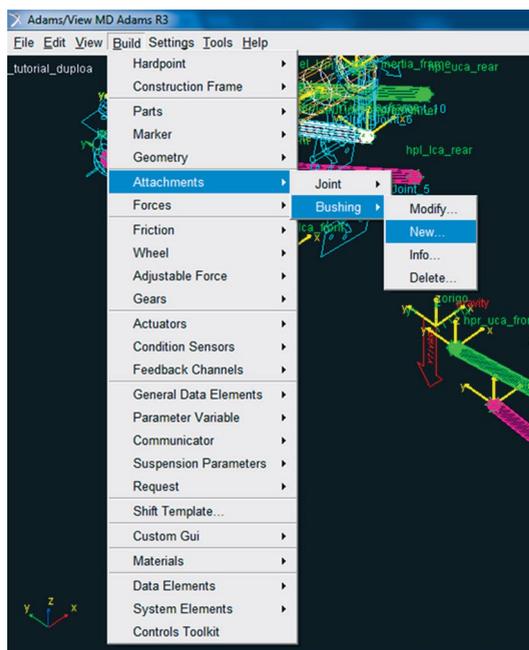


Figura 5.135 – Janela correspondente ao menu de criação da bucha “*bkl_Bushing1*”.

Os campos da janela *Create Bushing Attachment* deverão ser preenchidos, conforme a Figura 5.136.

Note que essa bucha é criada entre o *General Part* “*gel_Lower_control_arm*” e o *Mount* “*mtl_subframe_to_body*”. Um arquivo com as propriedades da bucha deve ser selecionado (no campo *Property File*), podendo este ser da biblioteca do software ou editado pelo usuário.

- Clique em *OK*.

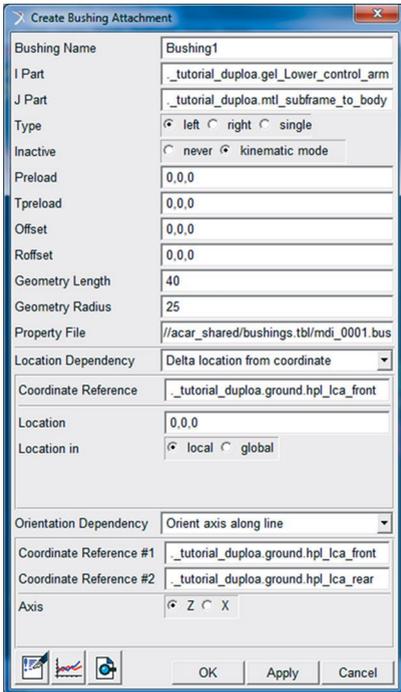


Figura 5.136 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação da bucha “*bkl_Bushing1*”.

A Figura 5.137 ilustra a bucha criada no passo anterior.

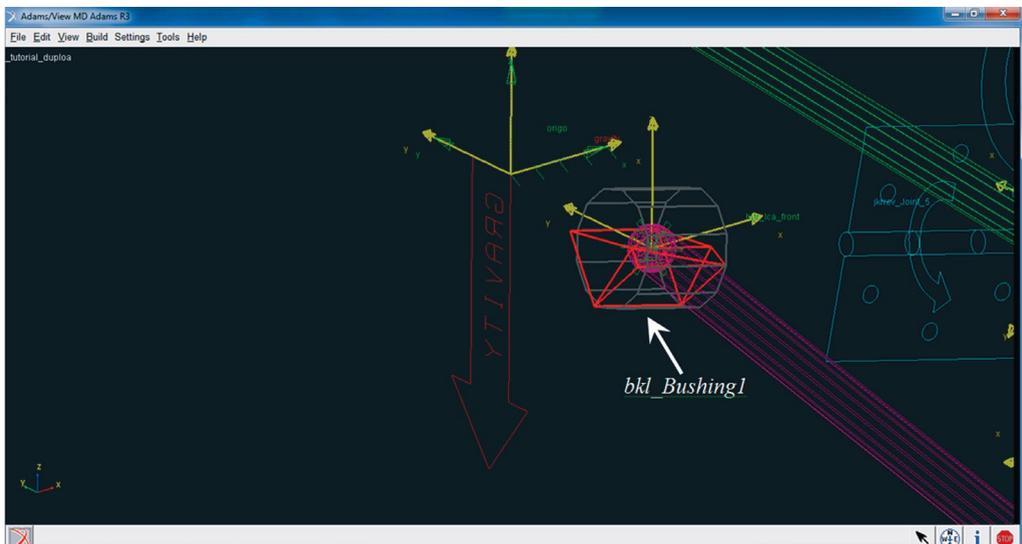


Figura 5.137 – Ilustração da bucha “*bkl_Bushing1*” inserida no modelo virtual.

Para construção da segunda bucha, a qual estará localizada no *Hardpoint* *hpl_lca_rear*:

- Acesse o menu *Build* → *Attachments* → *Bushing* → *New* (Figura 5.138).

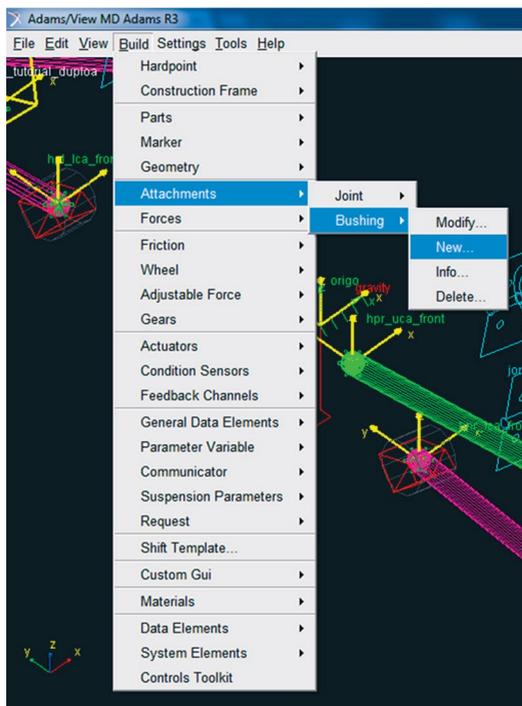


Figura 5.138 – Janela correspondente ao menu de criação da bucha “*bkl_Bushing2*”.

- Preencha os campos da janela *Create Bushing Attachment*, como ilustrado na Figura 5.139.
- Clique em *OK*.

Note que essa bucha também é construída entre o *General Part* “*gel_Lower_control_arm*” e o *Mount* “*mtl_subframe_to_body*”.

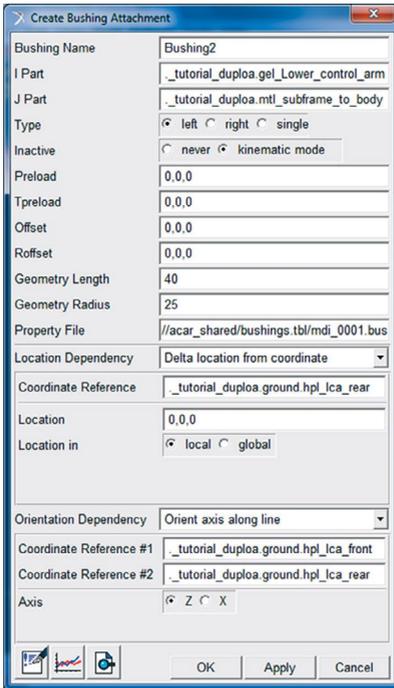


Figura 5.139 – Preenchimento da caixa de diálogo relativa à criação da bucha “*bkl_Bushing2*”.

A Figura 5.140 ilustra a segunda bucha “*bkl_Bushing2*” construída.

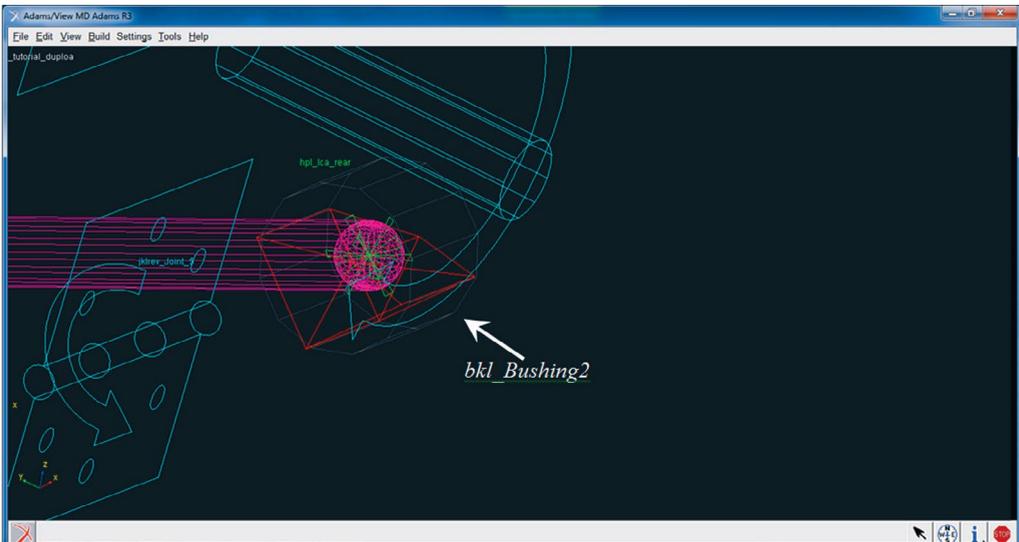


Figura 5.140 – Ilustração da segunda bucha “*bkl_Bushing2*” inserida no modelo.

- Para construção da terceira bucha, a qual estará localizada no *hardpoint* *hpl_uca_front* repita os procedimentos anteriores e preencha os campos da janela *Create Bushing Attachment* como ilustrado na Figura 5.141.
- Terminado preenchimento, clique em *OK*.

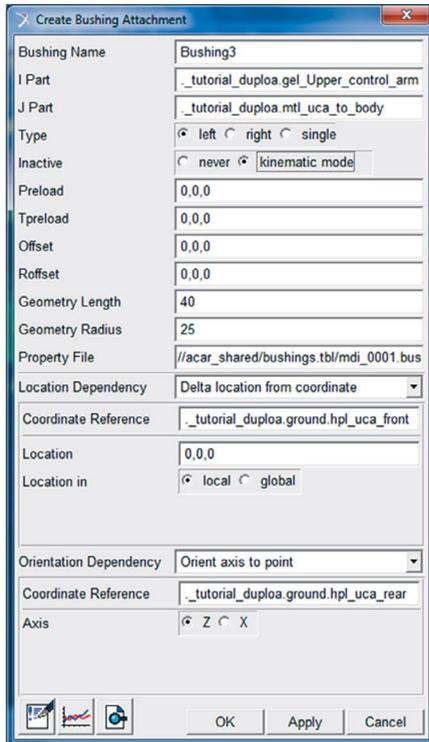


Figura 5.141 – Preenchimento da caixa de diálogo relativa à criação da bucha “*bkl_Bushing3*”.

A Figura 5.142 ilustra a bucha “*bkl_Bushing3*” construída.

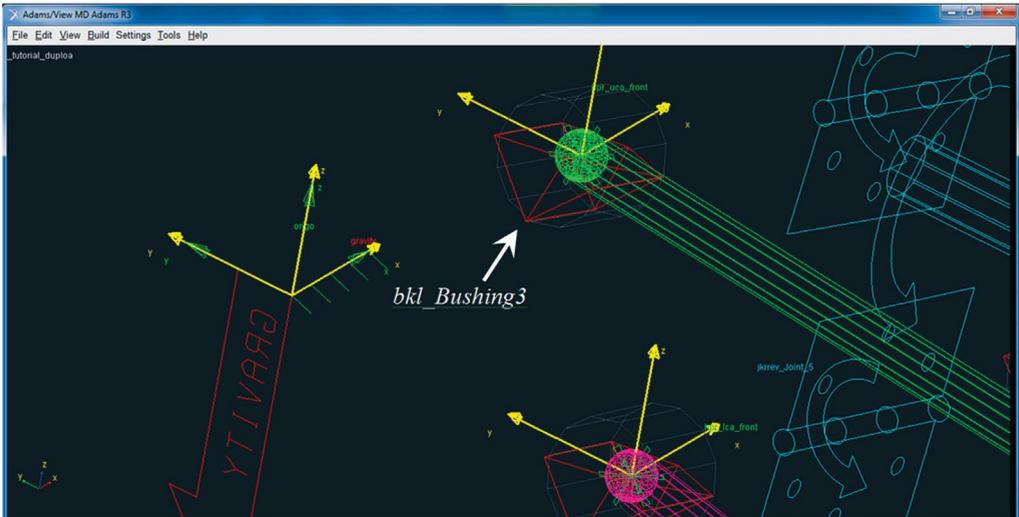


Figura 5.142 – Ilustração da terceira bucha “*bkl_Bushing3*” inserida no modelo.

A construção da quarta bucha seguirá o mesmo procedimento das três anteriores.

- Repita os procedimentos e preencha os campos da janela *Create Bushing Attachment*, como ilustrado na Figura 5.143.
- Em seguida, clique em *OK*.

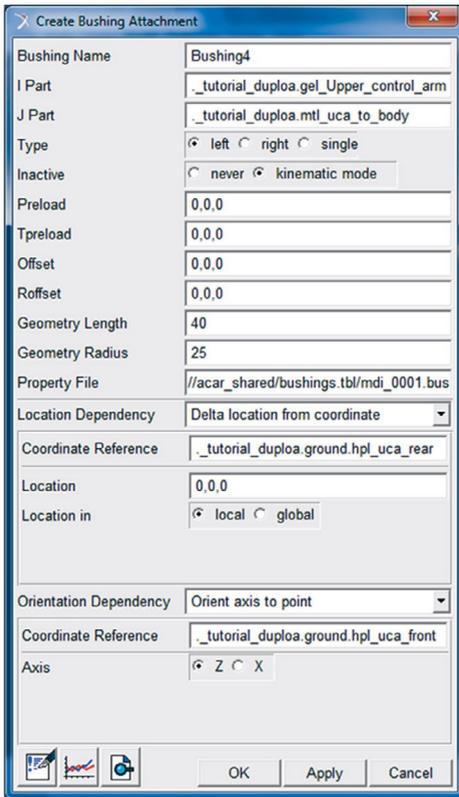


Figura 5.143 – Preenchimento da caixa de diálogo relativa à criação da bucha “*bkl_Bushing4*”.

A Figura 5.144 ilustra a quarta bucha construída “*bkl_Bushing4*”.

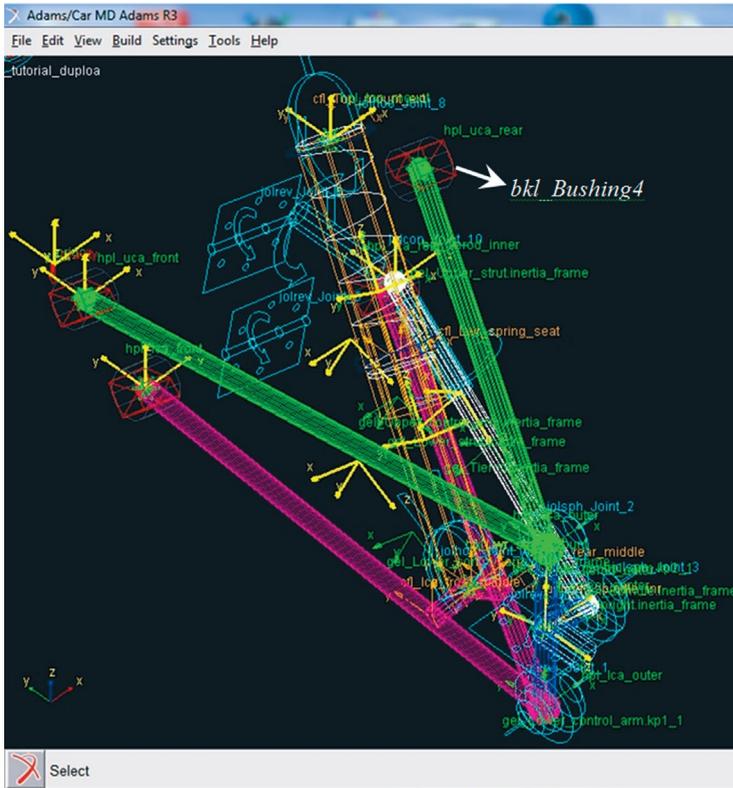


Figura 5.144 – Ilustração da quarta bucha “*bkl_Bushing4*” inserida no modelo.

Para a construção da quinta bucha:

- Preencha os campos da janela *Create Bushing Attachment*, como ilustrado na Figura 5.145.
- Finalizada a operação, clique em *OK*.

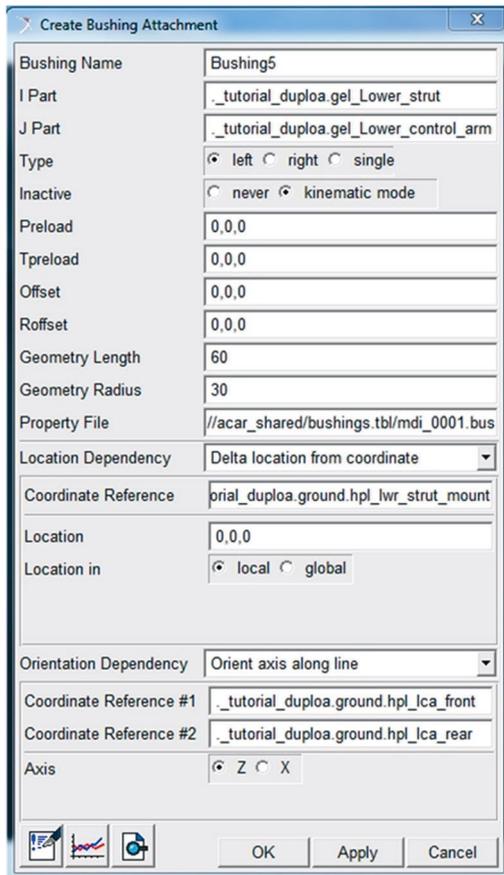


Figura 5.145 – Preenchimento da caixa de diálogo relativa à criação da bucha “*bkl_Bushing5*”.

A Figura 5.146 ilustra a quinta bucha construída “*bkl_Bushing5*”.

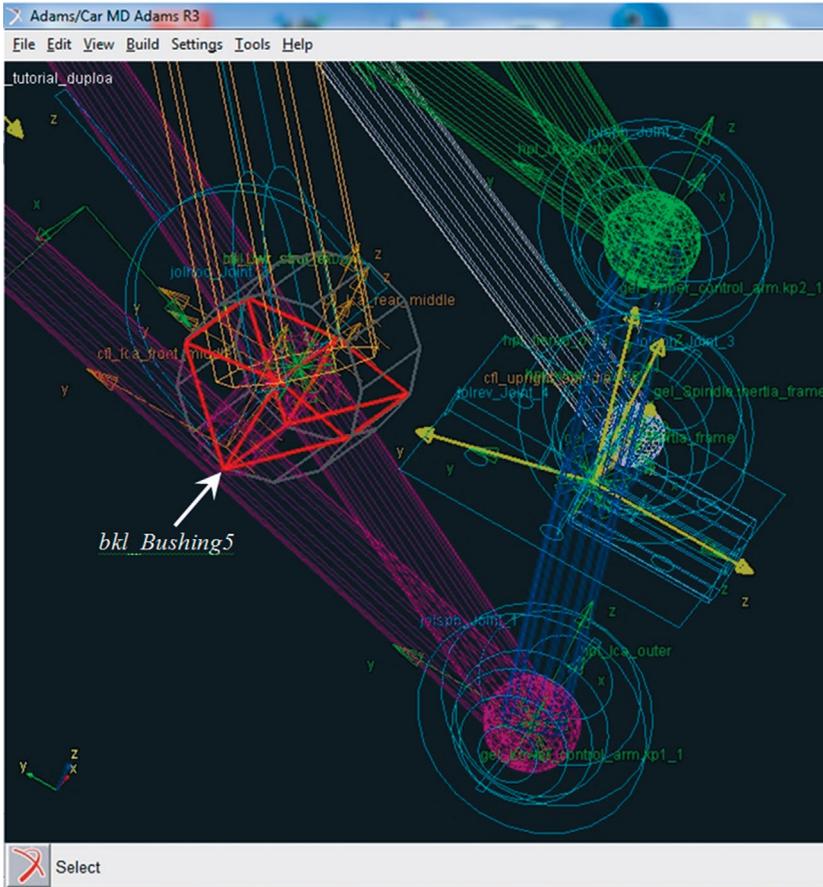


Figura 5.146 – Ilustração da quinta bucha “*bkl_Bushing5*” inserida no modelo.

- Para finalizar, a construção da sexta bucha se dá da mesma forma que a das cinco anteriores.
- Preencha os campos da janela *Create Bushing Attachment*, como ilustrado na Figura 5.147.
- Clique em *OK*.
- Salve seu projeto.

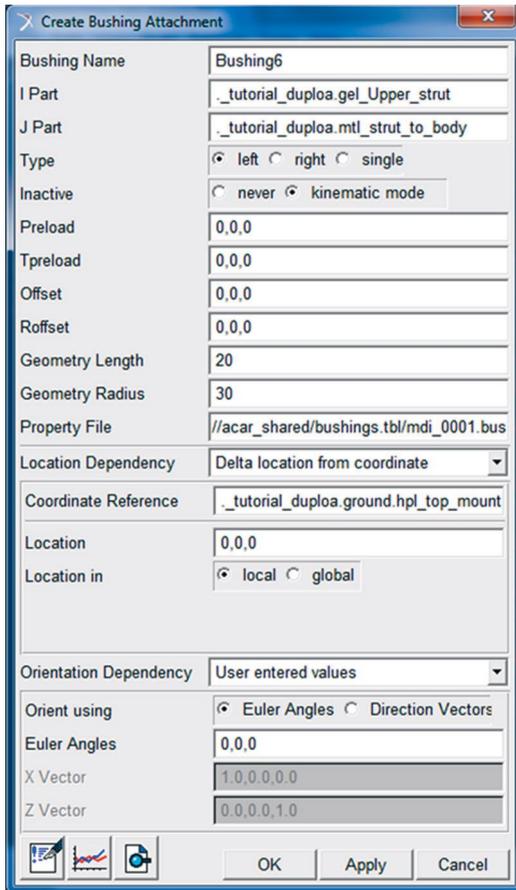


Figura 5.147 – Preenchimento da caixa de diálogo relativa à criação da bucha “*bkl_Bushing6*”.

A Figura 5.148 ilustra a sexta bucha construída “*bkl_Bushing6*”.

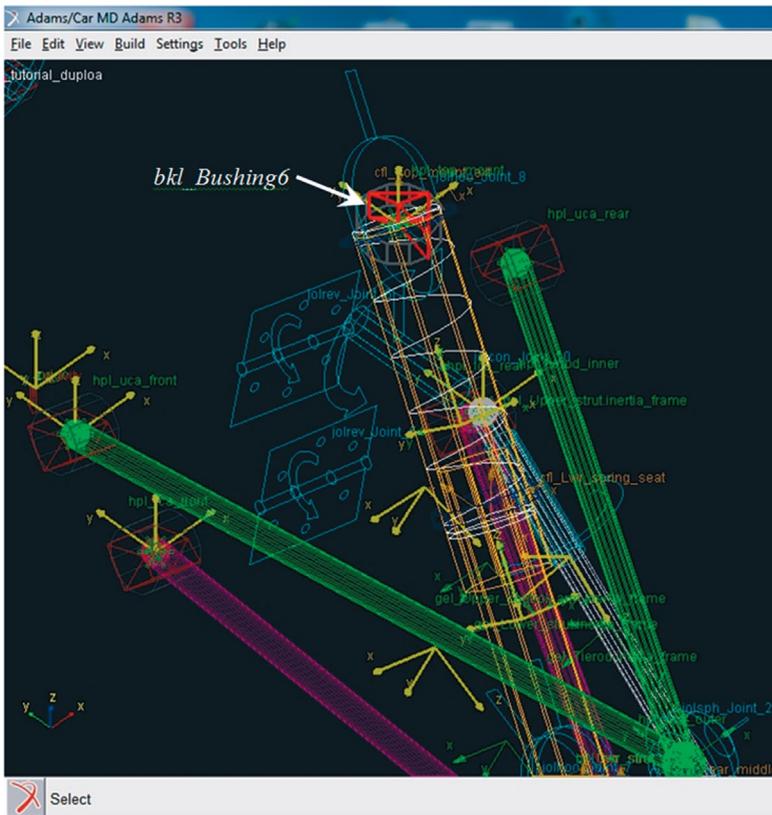


Figura 5.148 – Ilustração da sexta bucha “*bkl_Bushing6*” inserida no modelo.

Etapa 23 – Criação de *Communicators*

Nesta etapa, serão criados os *Communicators* do tipo *Output*, os quais estabelecerão a comunicação do subsistema suspensão com os diversos subsistemas que se acoplarão a este (Roda, Sistema de Direção, entre outros). Ressalta-se, novamente, que os nomes designados aos *Communicators* devem ser iguais aos dos *Communicators* dos subsistemas de interesse. Outro aspecto a considerar é que um *Communicator output* se relacionará com um *Communicator input* de outro subsistema.

Para criação do primeiro *Communicator* do tipo *Output*, proceda conforme especificado abaixo:

- Acesse o menu *Build* → *Communicator* → *Output New* (Figura 5.149). Este *Communicator* fará a comunicação entre o *General Part* “*Upright*” (cubo de roda) e o subsistema roda.

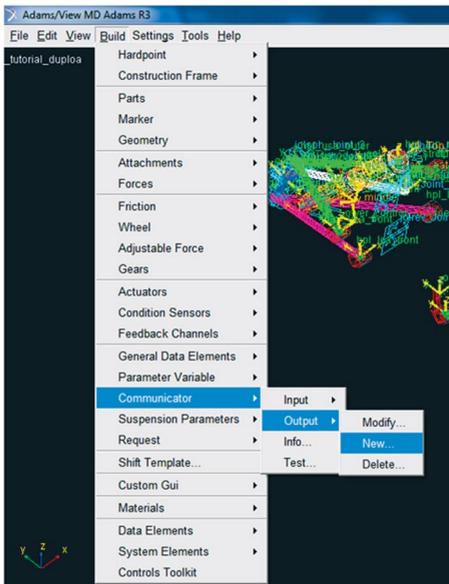


Figura 5.149 – Criando um *Communicator* do tipo *Output*.

A janela *Create Output Communicator* deverá ser preenchida conforme ilustrado na Figura 5.150.

- Clique em *Apply*.

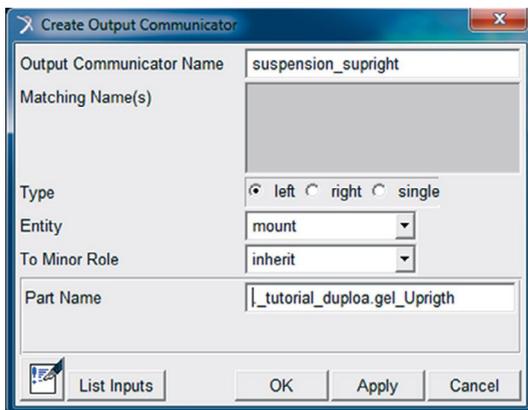


Figura 5.150 – Criação do *Communicator* “*suspension_supright*”.

Para criação do *Communicator* “*suspension_mount*”:

- Preencha os campos da janela *Create Output Communicator*, conforme ilustrado na Figura 5.151.
- Clique em *Apply*.

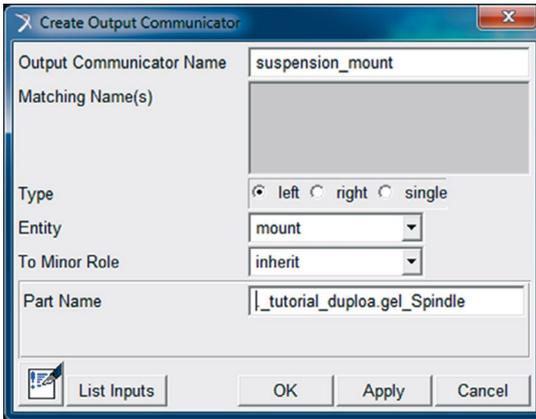


Figura 5.151 – Criação do *Communicator* “*suspension_mount*”.

A Figura 5.152 ilustra a criação do *Communicator* “*wheel_center*”.

- Clique em *OK*.
- Salve seu projeto.

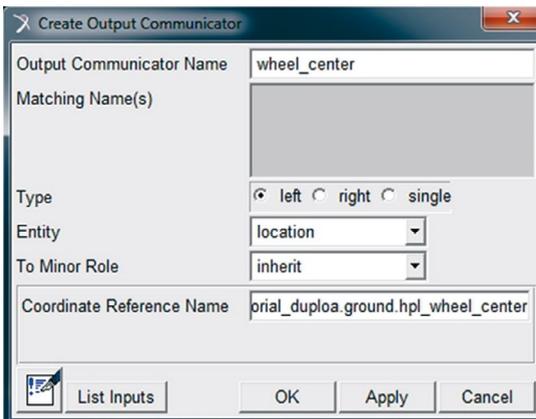


Figura 5.152 – Criação do *Communicator* “*wheel_center*”.

Etapa 24 – Realizando teste de compatibilidade entre *Communicators*

Nesta etapa, serão obtidas informações sobre os *Communicators* criados, e ainda será feito um teste de compatibilidade entre estes e os *Communicators* do subsistema de interesse. Nesse caso, o subsistema de interesse é o *MDI_Suspension_Testrig*, o qual corresponde ao subsistema de teste da suspensão.

- Para se obter informações sobre os *Communicators* criados, acesse o menu *Build* → *Communicator* → *Info* (Figura 5.153).

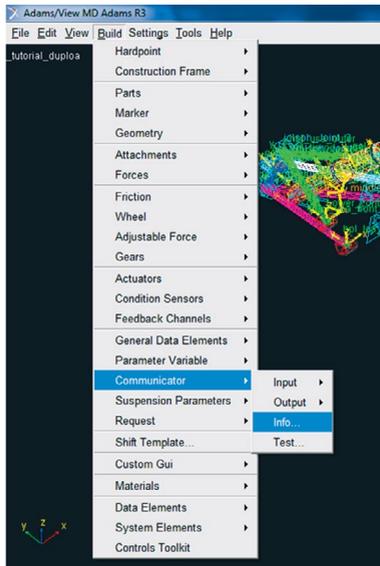


Figura 5.153 – Obtendo informações sobre os *Communicators* criados na Etapa 23.

A janela *Communicators Info* será aberta e se encontra ilustrada na Figura 5.154.

No campo *Model names* aparece automaticamente o nome do *Template* que se está trabalhando, no caso, *_tutorial_duploa*.

- No campo *Type*, selecione o item *All*.
- No campo *Entity* selecione o item *All*.
- Clique em *OK*.

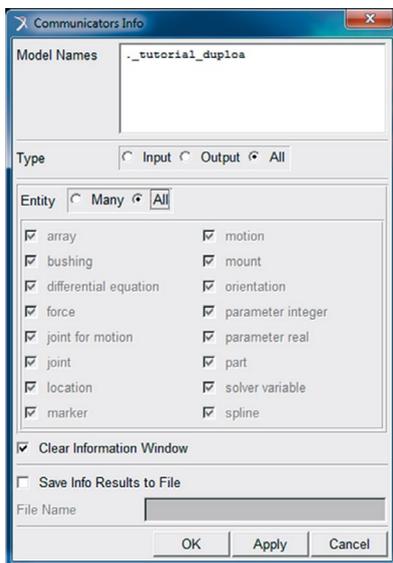


Figura 5.154 – Selecionando os tipos de *Communicators*.

A janela *Information* será aberta, e nela constam as informações requeridas, conforme a Figura 5.155.

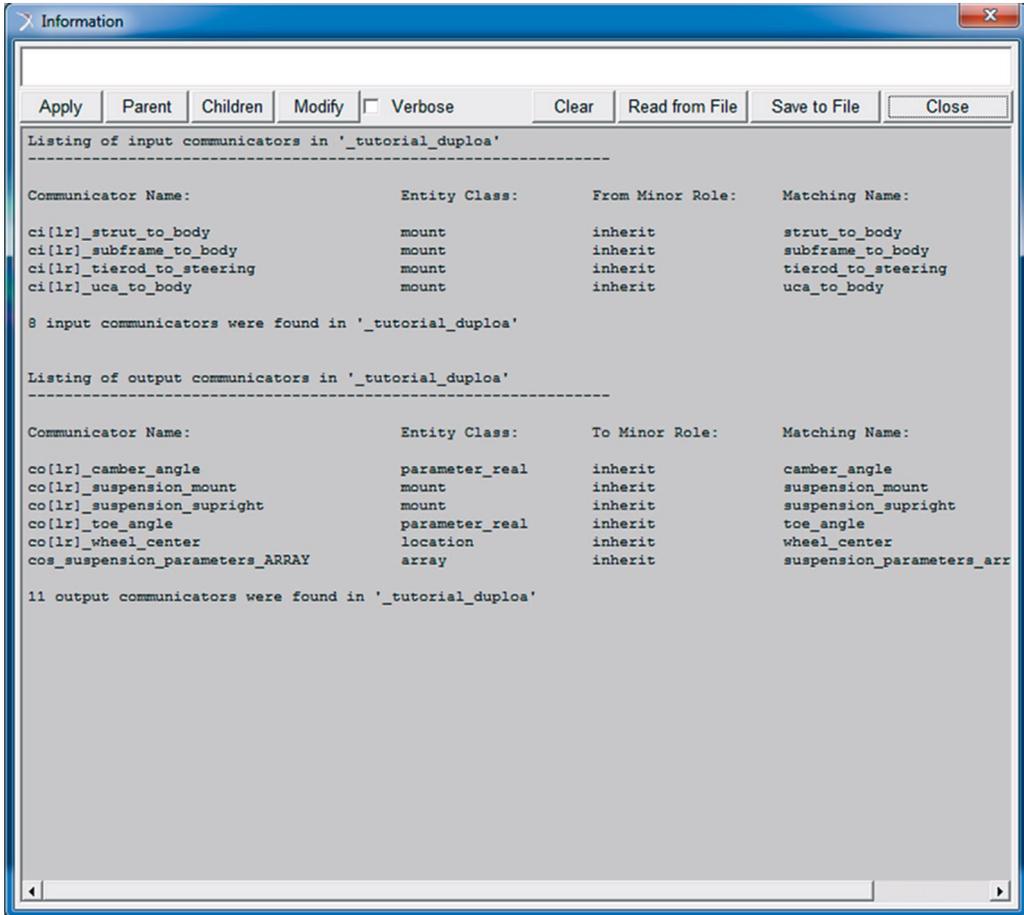


Figura 5.155 – Informações sobre os *Communicators*.

- Após análise das informações, clique em *Close* nesta mesma janela, opção que se encontra no canto superior direito da caixa de diálogo da Figura 5.155.
- Para teste de compatibilidade dos *Communicators* com o subsistema *MDI_Suspension_Testrig*, acesse o menu *Build* → *Communicator* → *Test* (Figura 5.156).

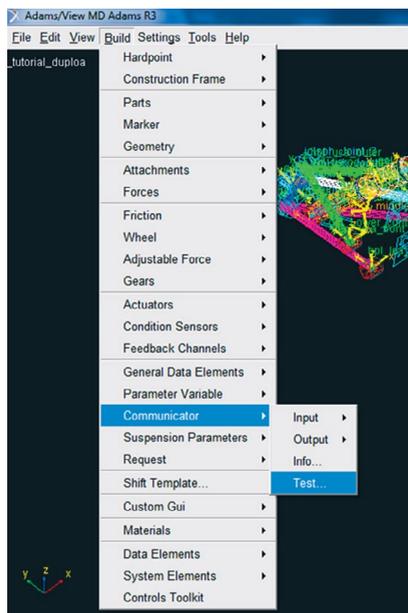


Figura 5.156 – Realizando teste de compatibilidade dos *Communicators* com o dispositivo de teste *MDI_Suspension_Test trig*.

Na janela, *Test Communicators*, verifique os subsistemas a serem testados. O campo *Model Names* deve ser preenchido pelo usuário. Para tanto, sobre o campo, clique com o botão direito do mouse. Nesse momento, aparecerá uma caixa de diálogo solicitando o modelo (*Model*). Passe o cursor por cima e selecione a opção *Guesses*. Os nomes dos modelos disponíveis aparecerão, e o usuário deverá selecionar primeiramente o *tutorial_duploa* e, em seguida, o *MDI_Suspension_Test trig*.

Nesse caso, observa-se na Figura 5.157 que o teste será feito entre o subsistema da suspensão (*_tutorial_duploa*) em construção e do subsistema correspondente a uma plataforma de teste, denominado *MDI_Suspension_Test trig*.

Os parâmetros contidos no campo *Minor Roles* “*front*” e “*any*” devem ser digitados pelo usuário.

- Clique em *OK*.

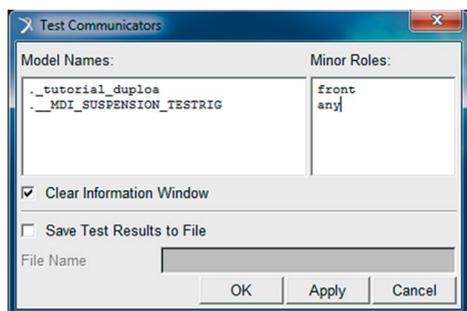


Figura 5.157 – Subsistemas a serem submetidos a teste de compatibilidade de *Communicators*.

A janela mostrada na Figura 5.158, denominada *Information*, será aberta e, nela, é possível verificar se há algum erro de comunicação entre *Communicators* para que possam ser realizadas as correções necessárias.

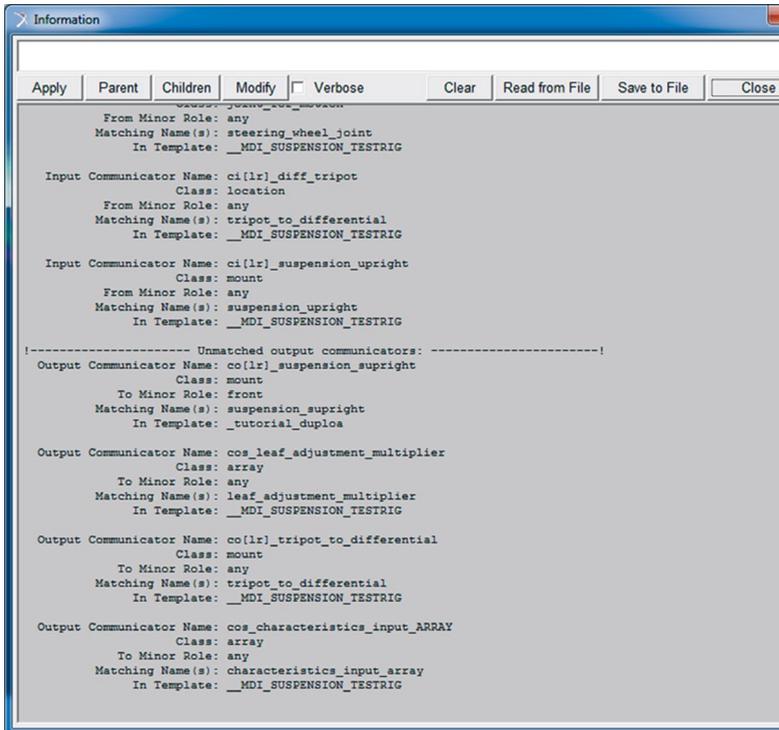


Figura 5.158 – Informação de compatibilidade dos *communicators*.

Note que a lista de *Unmatched input communicators* e *Unmatched output communicators* não significa propriamente erro de projeto. Mostra apenas, como é o caso, que há *Communicators* que não encontraram seu correspondente. De fato, isto acontece por não se estar testando todo o veículo, mas apenas a suspensão dianteira com o dispositivo de teste virtual *Testrig*.

O *Template* da suspensão está, agora, finalizado.

- Feche a janela, selecionando a opção *Close*, em seu canto superior direito.
- Salve seu projeto.

Etapa 24 – Verificação das juntas: aplicando o *Kinematic Mode*

Um importante passo para a correta simulação da suspensão *Duplo A* será apresentada nesta Etapa. De fato, durante a construção do projeto, juntas e buchas foram inseridas e precisam de ajustes em sua função.

Nesse sentido, serão feitas modificações nas juntas *Joint_5* e *Joint_6*. Lembrando que essas juntas são as revolutas e foram inseridas entre as partes *gel_Lower_control_arm* e o *mtl_subframe_to_body*; *gel_Upper_control_arm* e o *mtl_uca_to-body*, respectivamente.

A notar: Durante a construção do projeto de uma suspensão, há duas maneiras possíveis de se estabelecer como as partes (Parts), que o compõe, irão reagir umas em relação às outras. Essas relações podem ser por meio do uso de Buchas (Bushings) ou pelo uso de Juntas (Joints).

Buchas: permitem seis graus de liberdade entre as partes (três translações e três rotações). No entanto, em sua construção, é possível especificar a rigidez, pré-carga (Preload) e ser offset.

Juntas: estabelecem uma relação cinemática entre as partes, fornecendo graus de liberdade e restringindo movimentos. As juntas, normalmente, são especificadas de acordo com a ideia de grau de liberdade e restrição de movimento que se deseja no modelo.

Na janela de criação das buchas (Bushing) Build → Attachments → Bushing → New há um campo denominado Inactive, enquanto na criação de juntas (Joints) Build → Attachments → Joint → New há outro campo denominado Active. No caso de se criar buchas e juntas no mesmo local de conexão de uma parte (Part) em um dado modelo, o usuário pode alternar a função entre as duas categorias de Attachments, da seguinte forma: ao tornar o Kinematic Mode ativo na junta (basta selecionar esta opção), selecione no campo Inactive da bucha a opção Kinematic Mode. Desta forma, apenas a junta atuará em simulações cinemáticas.

Geralmente, a junta se torna inativa em análises dinâmicas, se existe uma bucha. Isso porque a bucha é capaz de modelar tanto o movimento, quanto inserir características de rigidez e amortecimento entre as Parts. A junta tem papel definido no que tange a análise cinemática apenas.

- Desta forma, clique com o botão direito sobre a *Joint_5* (Figura 5.124) e altere o campo denominado *Active* para a opção *kinematic mode* como é mostrado a seguir, Figura 5.159
- Em seguida, faça o mesmo com a *Joint_6* (Figura 5.126), alterando o campo denominado *Active* para a opção *kinematic mode*.

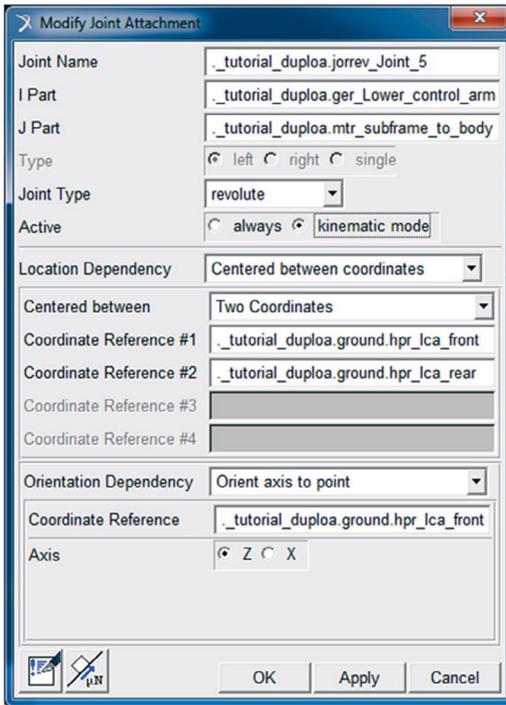


Figura 5.159 – Alterando para *kinematic mode* a opção *Active* em ambas as juntas *jorrev_Joint_5* e *jorrev_Joint_6*.

- Salve seu projeto.

Etapa 25 – Criação do subsistema associado ao *Template _tutorial_duploa (Subsystem)*

Uma vez concluído o projeto da suspensão (*Template*), se faz necessária a criação do subsistema da suspensão (*Subsystem*) para que se possa realizar as devidas simulações no modelo criado. Neste sentido:

- Ainda na tela principal do *Template*, salve o mesmo e aperte a tecla *F9* do teclado. Esta ação resulta na transferência para o ambiente *Standard* do ADAMS/Car destacado na Figura 5.160. Repare no canto inferior esquerdo da tela mostrada na referida figura, onde se lê *Switching modes to: Standard ADAMS/Car...*

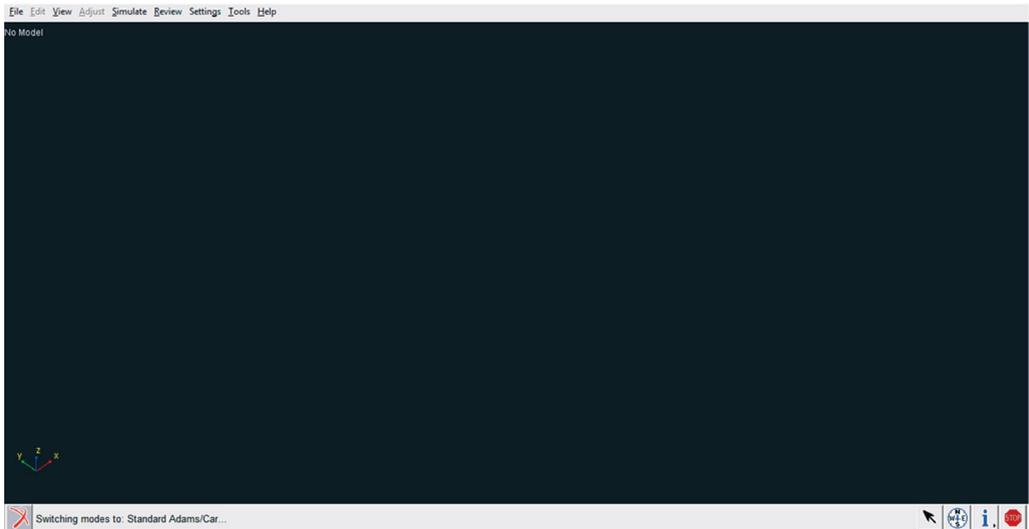


Figura 5.160 – Interface do modo *Standard*.

- Para criar o *Subsystem*, acesse o menu *File* → *New* → *Subsystem* (Figura 5.161).

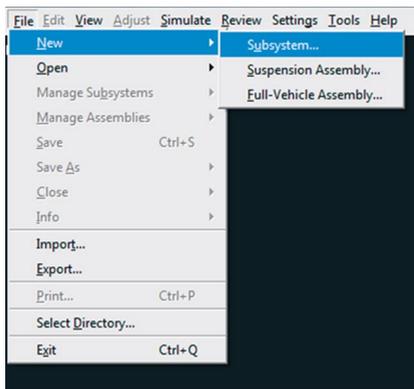


Figura 5.161 – Janela correspondente à criação de um *Subsystem*.

- Preencha os campos da janela *New Subsystem*, conforme ilustrado na Figura 5.162. Note que, como o projeto é de uma suspensão dianteira o campo *Minor Role*, deve estar selecionado com a opção *front*. O nome de *Subsystem* pode ser o mesmo já designado no *Template*.
- Clique em *OK*.

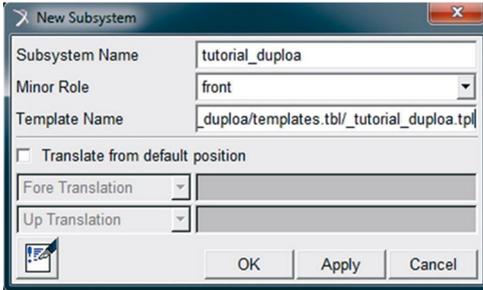


Figura 5.162 – Preenchimento da caixa de diálogo para criação de um *Subsystem*.

- Caso o *Template* esteja aberto, a janela ilustrada na Figura 5.163 será aberta. Para confirmar, clique em *Yes*.

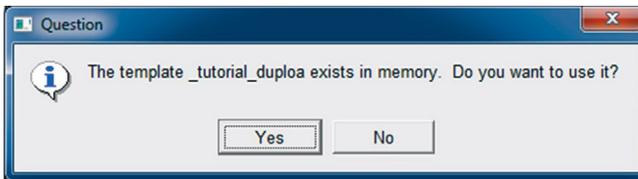


Figura 5.163 – Confirmação de utilização do *Template* em execução.

A Figura 5.164 ilustra o *Subsystem* criado.

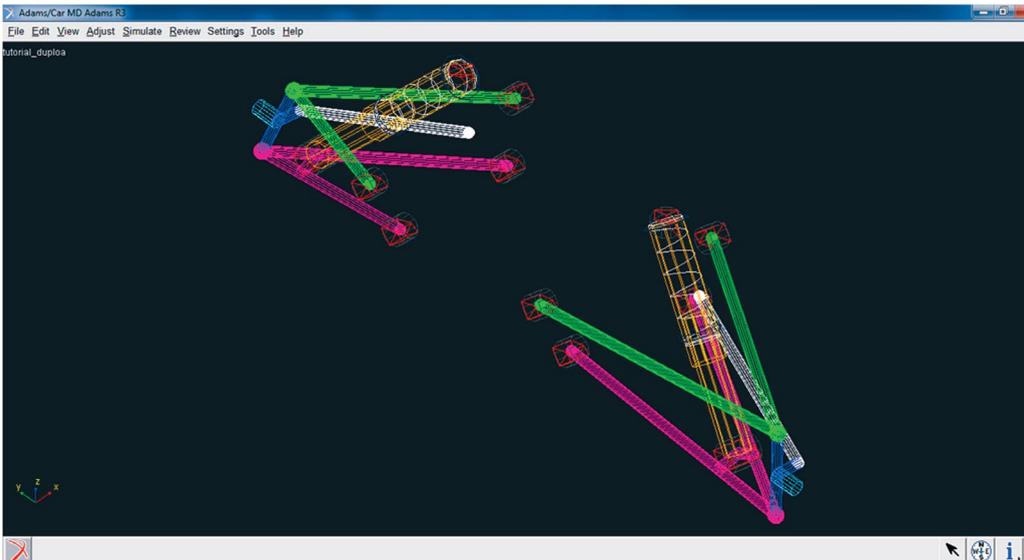


Figura 5.164 – Ilustração do subsistema gerado a partir do *Template _tutorial_duploa*.

- Salve o subsistema Para tanto acesse o menu principal do ambiente *Standard* selecione a opção *File* → *Save*.

Etapa 26 – Criação do *Assembly* associado ao *Template _tutorial_duploa (Subsystem)*

Nesta etapa, será criado o *Assembly*, que configura o próximo passo após a criação do *Subsystem*, para que se possam realizar simulações cinemáticas e dinâmicas com o modelo criado.

O *Assembly* configura uma montagem entre subsistemas e no ADAMS/Car pode ser escolhido entre as seguintes opções: *Suspension Assembly* ou *Full-Vehicle Assembly*. Como, nesse caso, a simulação será realizada apenas com o subsistema suspensão e uma plataforma de testes, a primeira opção será escolhida.

- Ainda na tela onde foi criado o subsistema da suspensão, acesse o menu *File* → *New* → *Suspension Assembly* (Figura 5.165).

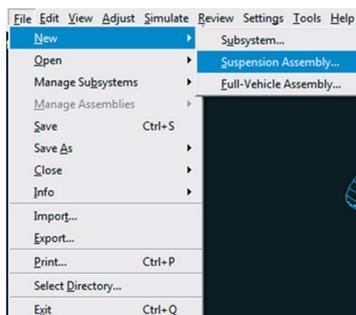


Figura 5.165 – Janela correspondente à criação de um *Assembly*.

A Figura 5.166 ilustra o preenchimento da janela *New Suspension Assembly*.

- Atribua um nome ao *Assembly* no primeiro campo; este já deve ser diferente do nome atribuído ao *Subsystem*.
- Selecione o subsistema de interesse (segundo campo). No campo *Suspension Test Rig* a opção *_MDI_SUSPENSION_TESTRIG* deve estar selecionada, a qual corresponde à plataforma de teste a ser utilizada nas simulações. Caso deseje incluir outros subsistemas na simulação, selecione o item *Other Subsystems*.
- Clique em *OK*.

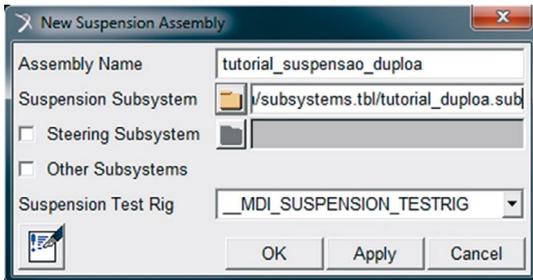


Figura 5.166 – Criação do *Assembly*.

Caso o *Template* do projeto esteja aberto, aparecerá a mensagem mostrada na Figura 5.167. Nesse caso, clique sobre a opção *Yes*.

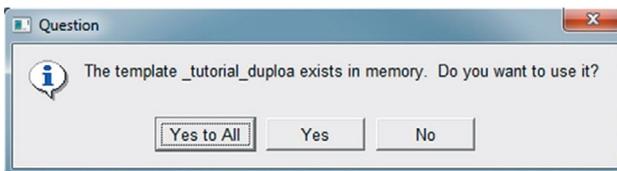


Figura 5.167 – Confirmação de utilização do *Template* em execução.

A Figura 5.168 ilustra a tela de confirmação de criação do *Assembly* “*Message Window*”. Esta mesma janela poderá fornecer a informação de algum erro ocorrido durante a criação do *Assembly*.

- Após verificação de mensagens, clique em *Close*.
- Salve seu projeto.

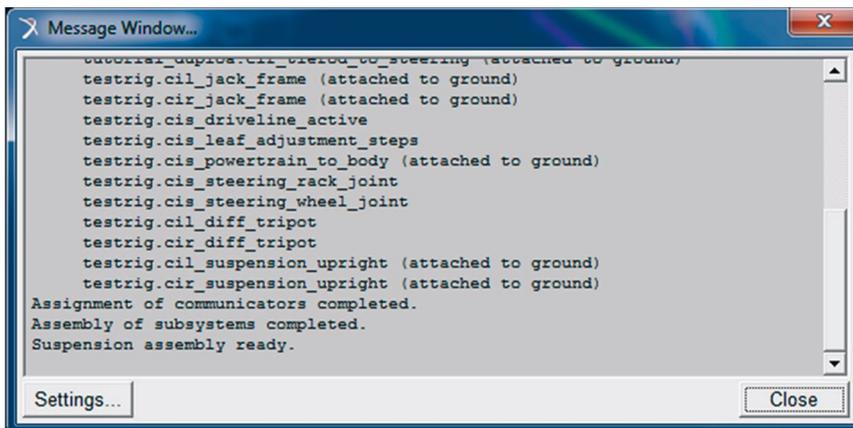


Figura 5.168 – Tela de confirmação de criação do *Assembly*.

A Figura 5.169 ilustra o *Assembly* construído.

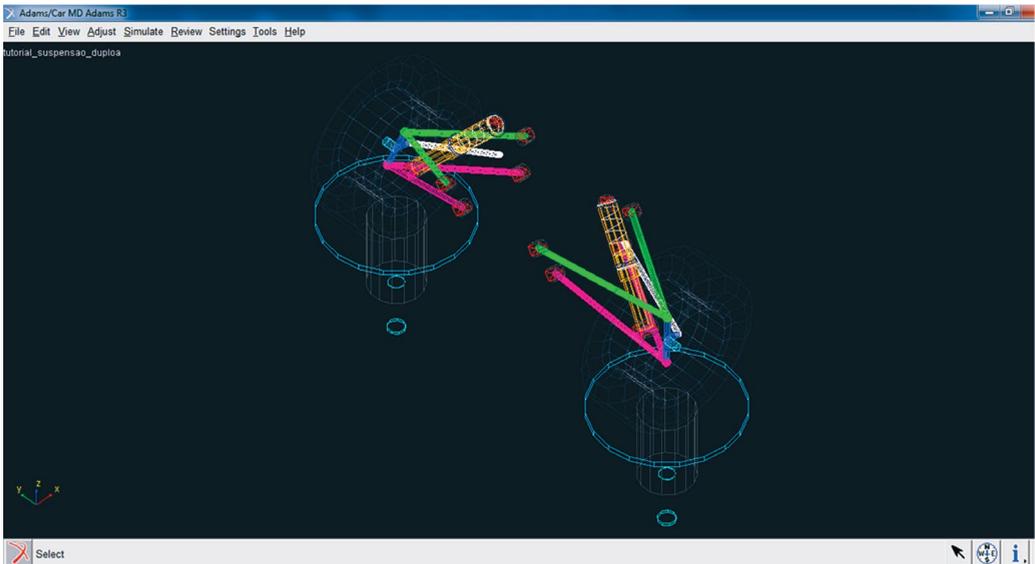


Figura 5.169 – Ilustração do *Assembly* construído.

Etapa 27 – Simulação do *Assembly tutorial_suspensao_duploa e _MDI_SUSPENSION_TESTRIG*

Nesta etapa, será realizada a simulação do *Assembly*, criado na Etapa 26.

Primeiramente, defina o diretório para armazenar os resultados gerados na simulação. Para tanto:

- Acesse o menu *File* → *Select directory* (Figura 5.170).

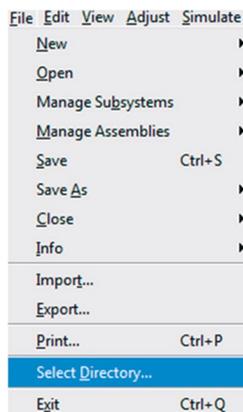


Figura 5.170 – Janela correspondente à seleção do diretório para simulações.

- Selecione o diretório de interesse (Figura 5.171).
- Clique em OK.

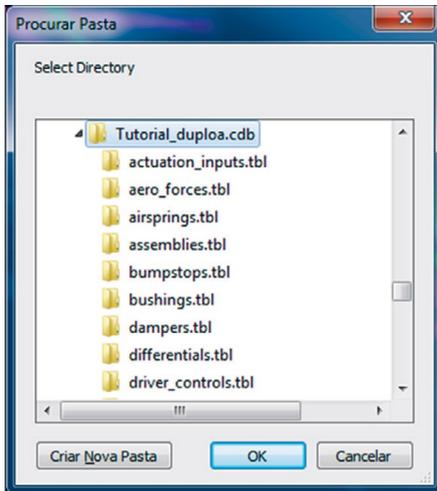


Figura 5.171 – Janela correspondente à seleção de diretório para gravação de simulações

A simulação proposta aqui corresponde a uma solicitação vertical e paralela na suspensão (*left e right*). Essa simulação permite analisar as características geométricas do subsistema, durante todo seu curso vertical. Para isto:

- Acesse o menu *Simulate* → *Suspension Analysis* → *Parallel Wheel Travel* (Figura 5.172).

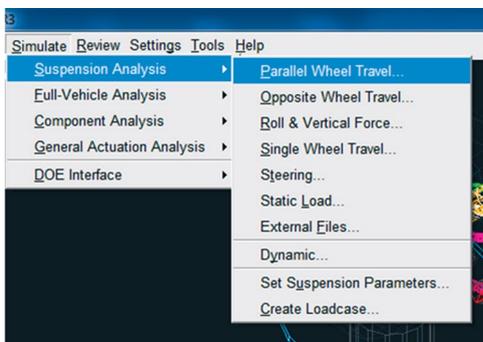


Figura 5.172 – Selecionando o tipo de simulação.

Os parâmetros de simulação devem ser definidos na janela *Suspension Analysis: Parallel Travel*, conforme a Figura 5.173. Note que, na simulação proposta, o percurso total corresponde a 100 mm (50 mm no sentido positivo, ou *Bump* e 50 mm no sentido negativo, *Rebound*).

- Ao finalizar o preenchimento, clique em OK.

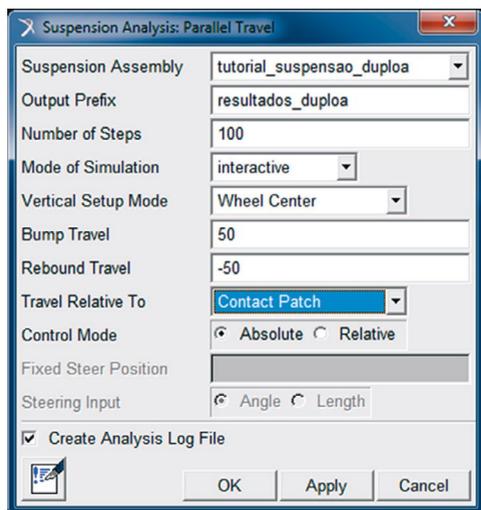


Figura 5.173 – Janela correspondente à definição dos parâmetros de simulação.

A Figura 5.174 ilustra que a simulação foi executada.

- Clique em *Close*.
- Salve seu projeto.

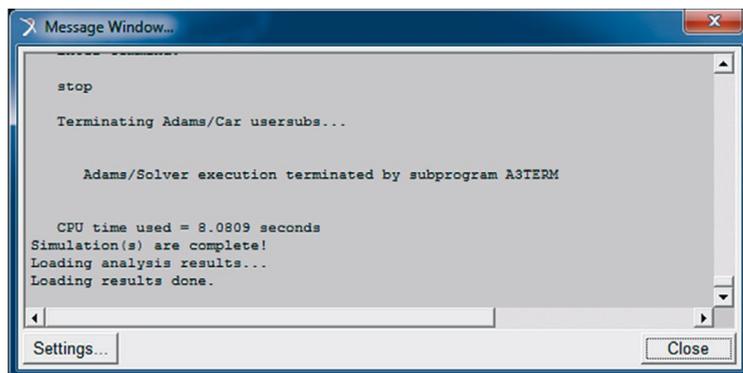


Figura 5.174 – Caixa de diálogo informando que a simulação foi executada.

Etapa 28 – Visualização da simulação do *Assembly*: animação do modelo virtual para obtenção de resultados

Nesta etapa, o modelo da suspensão criado será visualizado, mediante animação do carregamento vertical aplicado, conforme ensaio virtual estabelecido pela opção *Paralell Wheel Travel*.

Para melhor visualização do modelo da suspensão durante a animação, o usuário pode optar pelo modo *Shaded*. Para isto:

- Clique com o botão direito do mouse na área de trabalho principal (em qualquer ponto que não seja sobre o modelo).
- Selecione a opção *Shaded <S>* (Figura 5.175).

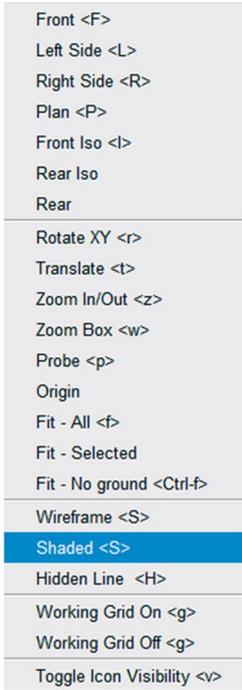


Figura 5.175 – Janela correspondente à seleção do modo de visualização *Shaded*.

Em seguida:

- Acesse o menu *Review* → *Animation Controls* (Figura 5.176).

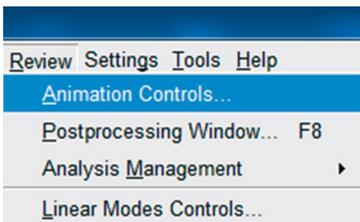


Figura 5.176 – Janela correspondente à animação do modelo da suspensão.

- Na janela *Animation Controls* preencha os campos, conforme a Figura 5.177. O usuário pode definir os parâmetros de animação, de acordo com sua preferência. Segue como sugestão os valores especificados na Figura 5.177.

Logo abaixo das teclas de controle de animação, a barra que oscila entre *-Inc* e *+Inc*, permite ao usuário, dentro de um ciclo de simulação (*Cycles*), avançar ou recuar, a fim de escolher um ponto de análise (*Frame*). O campo *Time Range* dá ao usuário a possibilidade de definir um intervalo de tempo para realização da simulação. A aba *Cycles* permite escolher quantas vezes a simulação irá se repetir, no caso, cinco vezes. O campo *Frame Increment* permite ao usuário definir de quantos em quantos *Frames* ele deseja saltar, no caso, o incremento será de um em um.

- Para inicializar a animação, clique em .

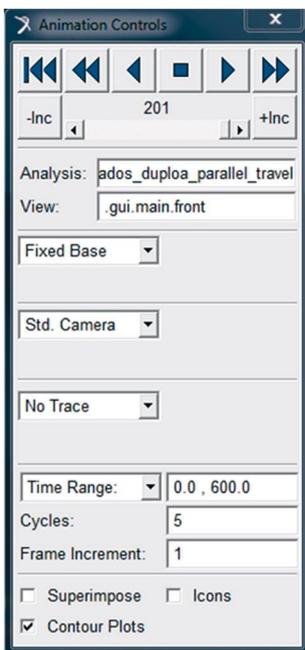


Figura 5.177 – Definição dos parâmetros de animação.

A Figura 5.178 ilustra como o modelo será apresentado na tela principal. A animação pode ser recomeçada selecionando o item .

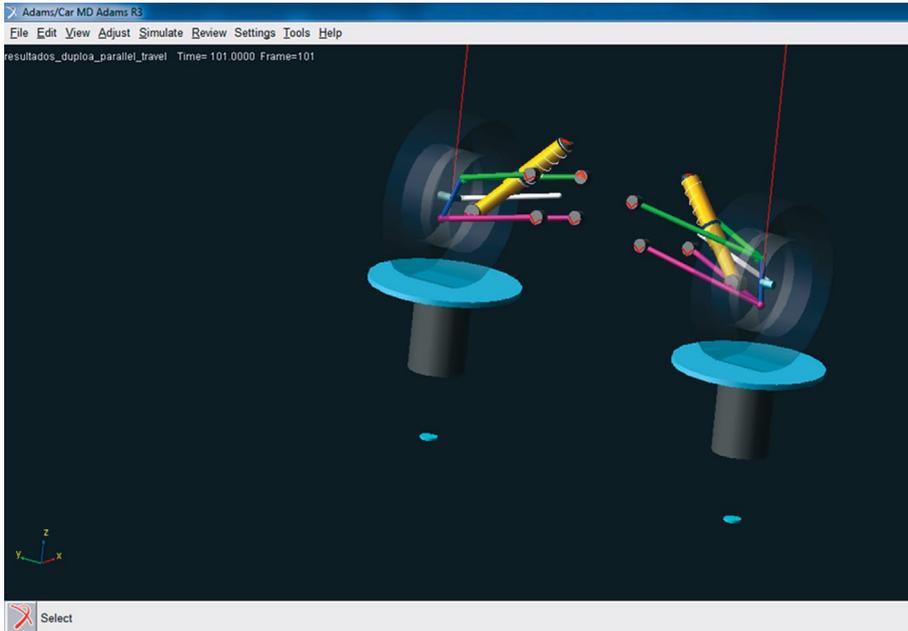


Figura 5.178 – Ilustração da tela referente à animação do *Assembly*.

Etapa 29 – Obtenção de resultados: *ADAMS/Car Postprocessing*

Nesta etapa, os resultados serão gerados em forma de gráficos, facilitando, assim, sua análise. Para realizar essa análise, proceda como sugerido a seguir:

- Acesse o menu *Review* → *Postprocessing Window*. Caso deseje, o usuário poderá utilizar o atalho correspondente à tecla F8 do teclado. A Figura 5.179 ilustra a interface *PostProcessing*.

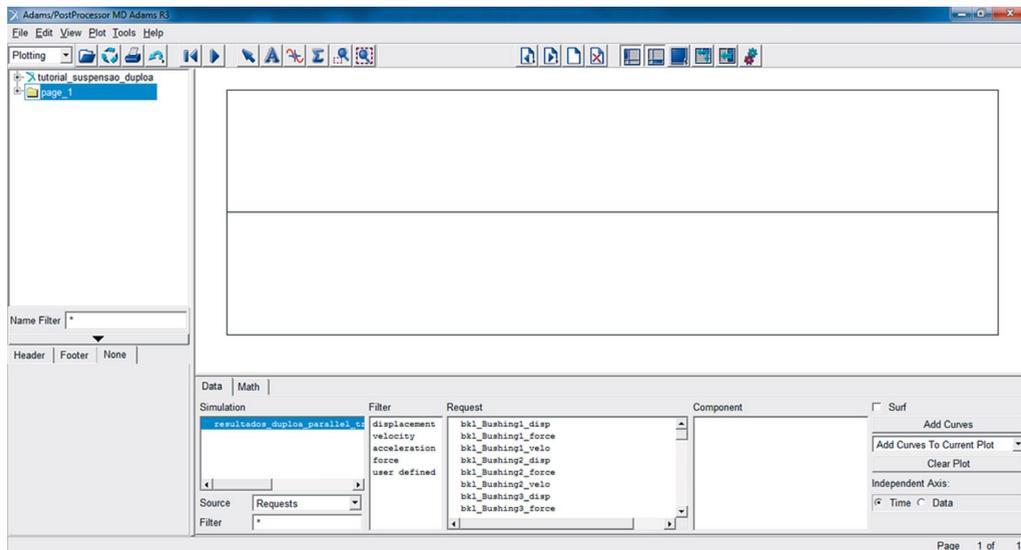


Figura 5.179 – Interface *PostProcessing*.

- Para criar os gráficos, acesse o menu *Plot* → *Create Plot* (Figura 5.180).

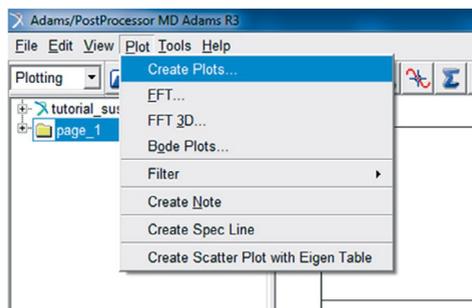


Figura 5.180 – Janela correspondente à criação de gráficos.

A janela *File Import* será aberta.

- Selecione o tipo de arquivo: *Plot Configuration (*.plt)*.
- O arquivo com a configuração desejada dos resultados deve ser selecionado no campo *Plot Configuration File*. Para isto, clique com o botão direito do mouse sobre esse campo, e selecione a opção mostrada na Figura 5.181.

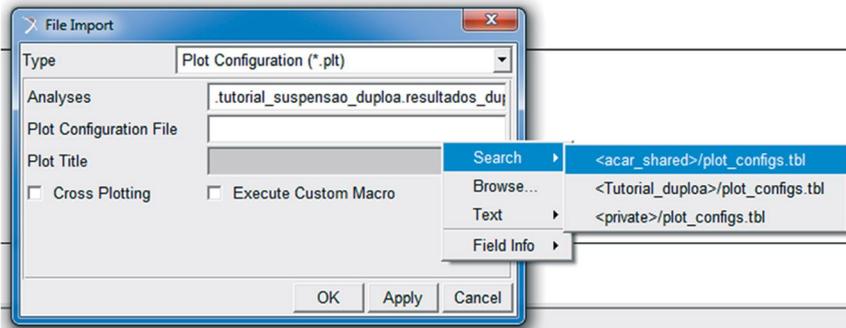


Figura 5.181 – Janela correspondente à importação de arquivos da biblioteca de configuração de gráficos do ADAMS/Car.

- Na biblioteca do ADAMS/Car, já existem diversas opções disponíveis de configurações de gráficos. Nesse caso, como se está interessado nos resultados do *Assembly* relacionados à Suspensão, selecione a opção *mdi_suspension_short.plt* (Figura 5.182).

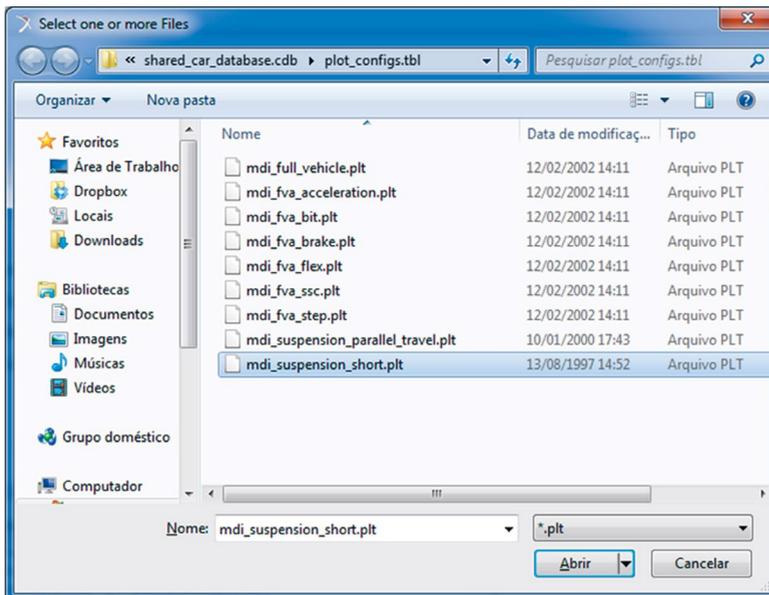


Figura 5.182 – Janela correspondente à definição de arquivo de configuração de gráficos.

O arquivo *mdi_suspension_short.plt* gera automaticamente nove gráficos, sendo eles: *anti dive*, *camber angle*, *caster moment arm*, *roll camber coefficient*, *roll center height*, *roll steer*, *scrub radius*, *toe angle* e *wheel rate*.

A Figura 5.183 ilustra a janela *File Import*, após preenchimento dos campos necessários.

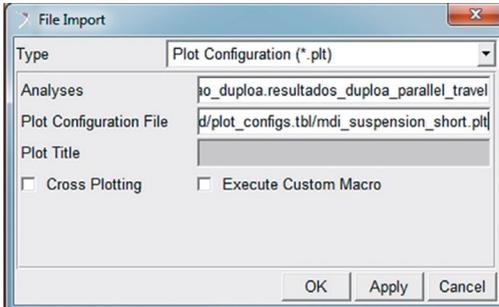


Figura 5.183 – Janela correspondente à importação de arquivos para obtenção de gráficos no *Postprocessor*.

- Clique em OK.
- Para alternar entre os gráficos obtidos, selecione os ícones

Como exemplo, o sétimo gráfico gerado corresponde ao parâmetro *Caster Moment Arm* (eixo vertical) em função do curso da roda (*Wheel Travel*), como pode ser observado na Figura 5.184.

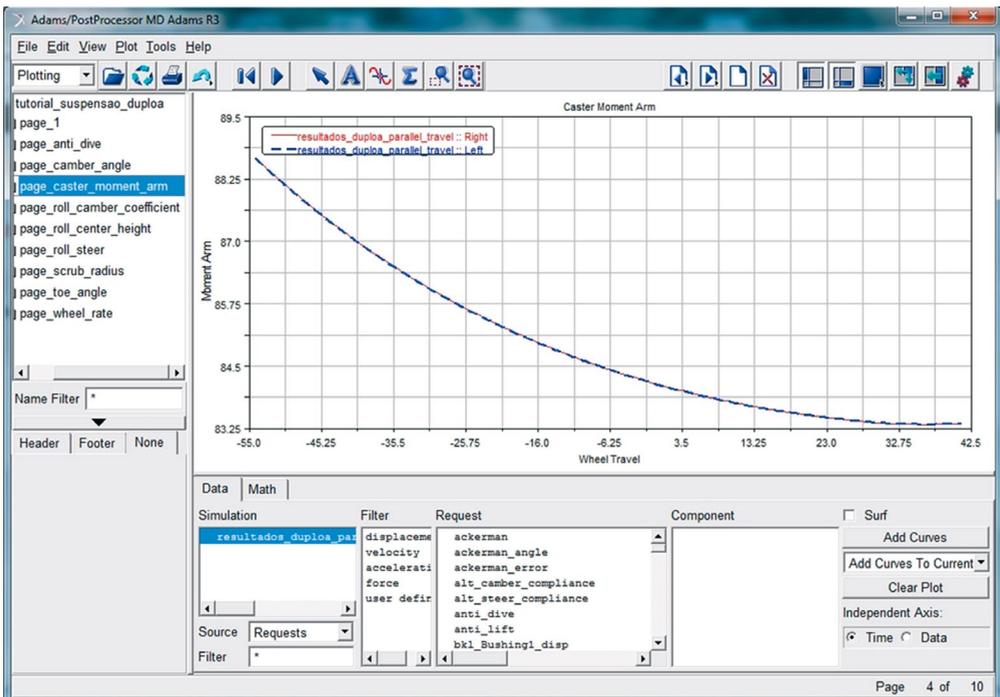


Figura 5.184 – Gráfico *Caster Moment Arm* x *Wheel Travel*.

A notar: O termo *Wheel Travel* define o movimento das rodas do veículo, no caso, as rodas do eixo dianteiro, provocado pelo trabalho vertical da suspensão (*ride*) e, também, o movimento destas, ocasionado pelo uso do sistema de direção.

O *Caster* representa uma das medidas de geometria da suspensão, podendo ser definido em vista lateral do veículo, como o ângulo que o eixo de direção faz com uma linha vertical. Essa linha vertical representa um referencial, que passa pelo centro da roda. O eixo da direção, por sua vez, no presente modelo virtual, passará pelas juntas situadas nos *Hardpoints* *hpl_uca_outer* e *hpl_lca_outer*. Perceba, pela construção do modelo, aqui proposto que essa reta conterá o *hpl_tierod_outer*.

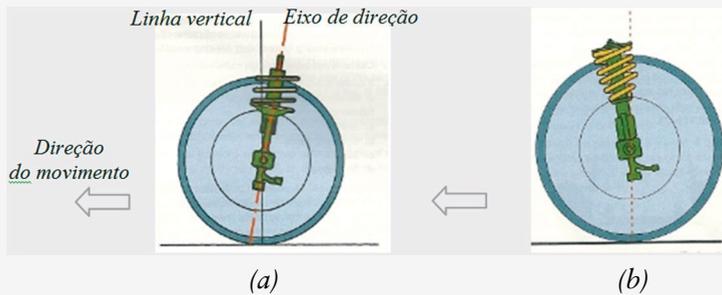


Figura representativa do Caster: (a) Caster positivo; (b) Caster negativo.

Fonte: HALDERMAN J. D. *Automotive technology: principles, diagnosis and service*, New Jersey, Pearson, 2012.

Seu valor é positivo quando o pivô superior, junta superior, está atrás do pivô inferior. No caso negativo observa-se o contrário.

Considerando o caso de um Caster positivo, o Caster Moment Arm representa um braço de alavanca que é medido a partir do centro da roda até o ponto em que o eixo de direção toca a linha horizontal que passa por esse centro. De acordo com a figura a seguir EG representaria o eixo de direção, $n\tau$ Caster Moment Arm e τ o ângulo de Caster.

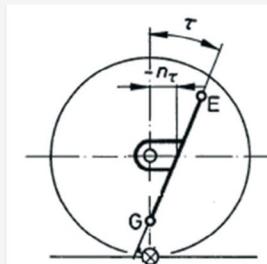


Figura representativa do Caster Moment Arm.

Fonte: REIMPELL, J.; STOLL, H.; BETZLER, J. W. *The automotive chassis: engineering principles*, Butterworth-Heinemann, 2001.

- Caso deseje apagar algum gráfico(s), selecione-o na árvore de diretórios – *Treeview* (à esquerda da tela), conforme ilustrado na Figura 5.185. Recomenda-se apagar individualmente cada gráfico. O atalho *Ctrl+X* também pode ser usado para executar a ação de excluir o gráfico.

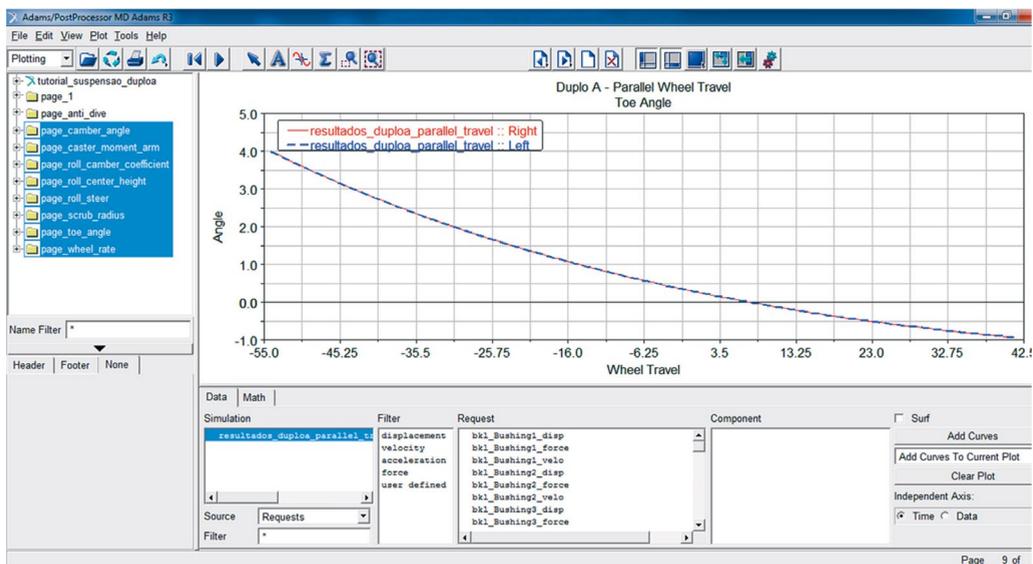


Figura 5.185 – Selecionando gráficos para serem apagados.

- Acesse o menu *Edit* → *Delete* (Figura 5.186).

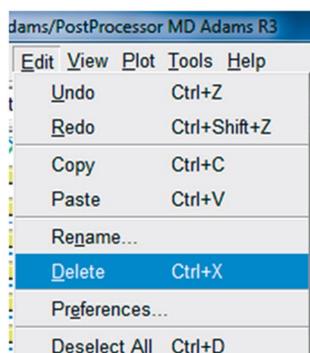


Figura 5.186 – Excluindo gráficos.

- Para sair da interface *PostProcessing*, pressione a tecla F8 ou acesse o menu *File* → *Close Plot Window*.

Etapa 30 – Salvando as configurações gráficas

Para salvar as modificações nos gráficos gerados anteriormente o usuário deve seguir os passos descritos nesta etapa.

- No menu *File*, selecione *Export* e, em seguida, selecione *Plot Configuration File* (Figura 5.187).

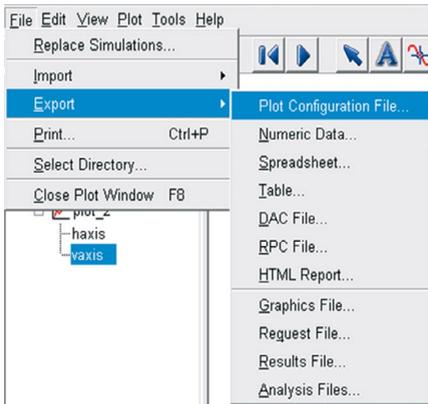


Figura 5.187 – Janela correspondente à exportação de arquivos gráficos.

A janela *Save Plot Configuration File* será aberta. No campo *Configuration File Name*, digite *Parameters_duploa*. Selecione a opção *All Plots* (Figura 5.188).

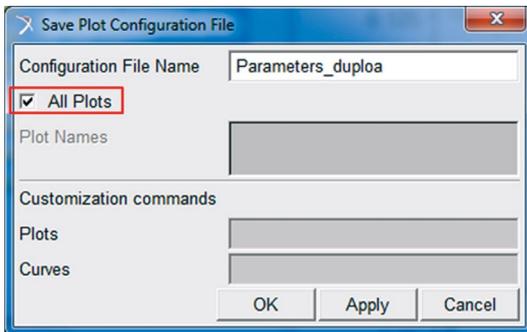


Figura 5.188 – Janela correspondente à definição do arquivo de exportação.

- Clique em *OK*.
- No menu *File*, selecione *Close Plot Window* ou pressione *F8* para que o *ADAMS/Car* retorne para a janela principal.

Assim, considera-se que o presente tutorial atende o que o usuário espera em termos de construção do subsistema, no entanto, a análise dos gráficos gerados da construção fogem ao escopo da presente obra.