

SCRIPT ORIGAMI

Este tutorial foi elaborado a partir do script de José Ovidio Cardona Osório (Workshop Estructuras Plegables - Desarrollo Digital. - Sigradi 2020). Faz parte dos estudos da pesquisa de iniciação científica intitulada: *Estudo de dobraduras como princípio gerador de superfícies complexas: relações entre os processos de projeto analógico e digital.*

Edital:	Edital Piiic 2020/2021
Grande Área do Conhecimento (CNPq):	Ciências Sociais Aplicadas.
Área do Conhecimento (CNPq):	Arquitetura e Urbanismo.
Título do Projeto:	Processos Criativos Colaborativos.
Título do Subprojeto:	Estudo de dobraduras como princípio gerador de superfícies complexas: relações entre os processos de projeto analógico e digital.
Professora Orientadora:	Marcela Alves de Almeida.
Estudante:	Maycon Soares Brito.

Apresentação:

Este é um script de dobradura que apresenta o desenvolvimento de uma dobradura utilizando o software Rhinoceros (versão 6 SR16), com o plug-in Grasshopper (versão 1.0.0007) e kangaroo que é um plug-in que vem junto com o Grasshopper. Este script permite realizar qualquer dobradura de origami. Está dividido conforme apresentado no sumário.

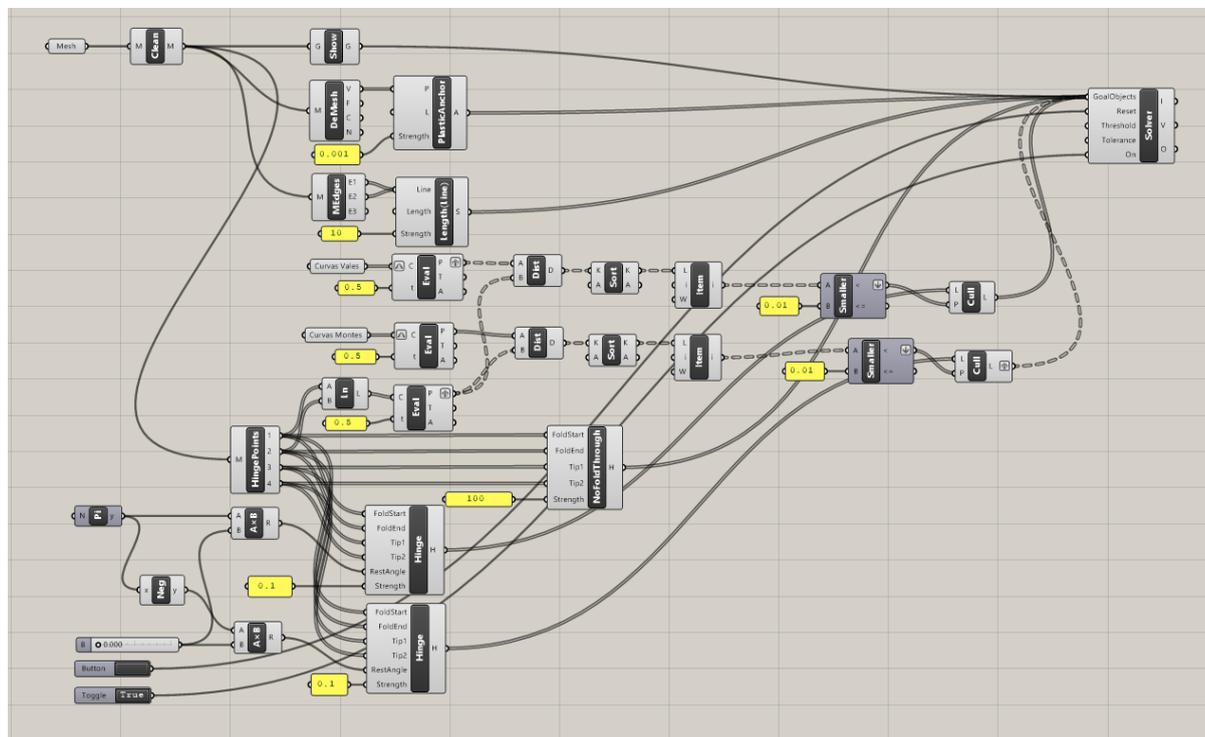


Figura 1: Script para o origami digital.

Fonte: Impressão de tela do Grasshopper, desenvolvido pelo autor.

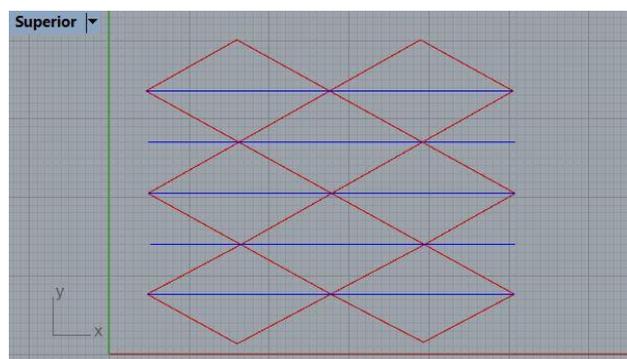
SUMÁRIO

ETAPA 1 - RHINOCEROS: Linhas	2
ETAPA 2 - RHINOCEROS: Superfície e malha	5
ETAPA 3 - GRASSHOPPER	7
3.1 - Atribuindo os dados de entrada (informações do Rhino)	7
3.2 - Preparando a malha no Kangaroo	8
3.3 - Deformação da malha	9

ETAPA 1 - RHINOCEROS: Linhas

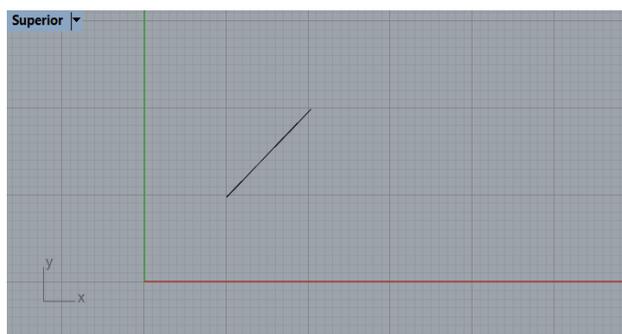
Desenhar uma malha com vales e montanhas do origami. Este desenho simula a folha de papel. O primeiro passo a ser realizado, é desenhar no Rhinoceros toda a malha, com seus respectivos layers (vales e montes). Neste exercício iremos trabalhar com a seguinte dobradura:

NOTA: Para que essa dobradura possa ser possível de ser executada, todas as linhas que compõem a malha dessa dobradura (imagem abaixo) devem ser desenhadas individualmente. Cada uma irá funcionar como uma dobradiça individualmente, possibilitando que a dobradura aconteça.



Passo 1) Desenhar os montes: No Rhinoceros, abrir o comando “Polyline” (polilinha) , que está localizado na caixa de ferramentas, na lateral esquerda da tela.

Passo 2) Desenhar uma linha inclinada.

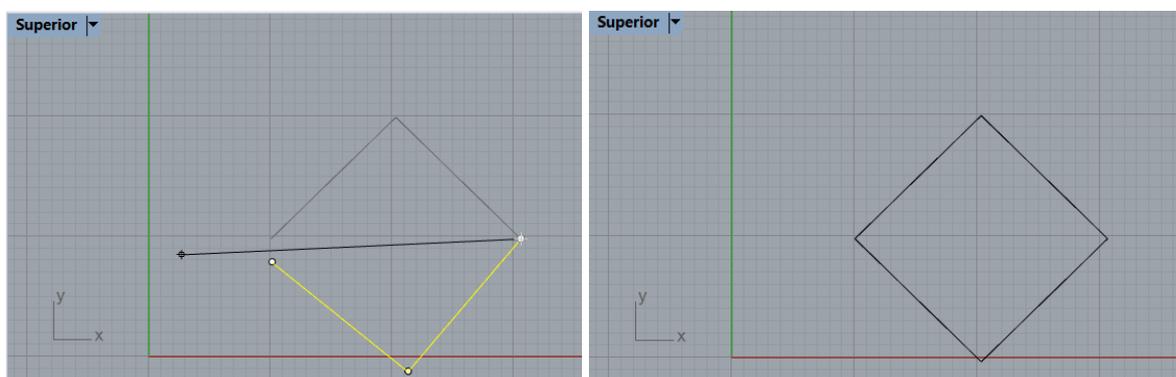


Passo 3) Espelhar a linha desenhada. Selecionar a linha e clicar na seta do botão “move” (mover)



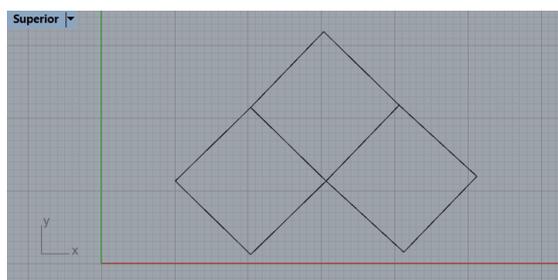
para abrir a cascata de comandos. Este botão está localizado na caixa de ferramentas, na lateral esquerda da tela. Selecionar o comando Mirror (espelho) .

Passo 4) Definir o eixo de espelhamento e espelhar a primeira linha. Repetir o mesmo procedimento selecionando as duas linhas desenhadas:

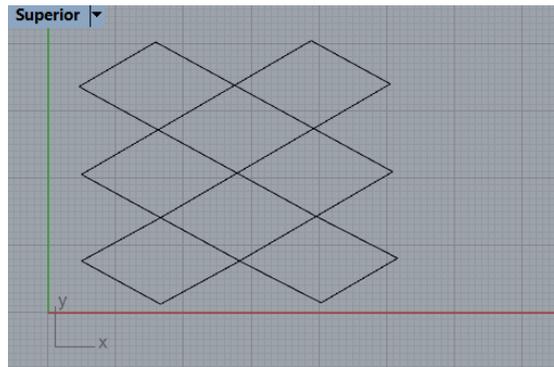


NOTA: Observa-se que formaram 4 linhas independentes.

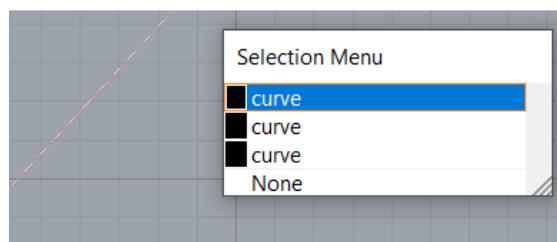
Passo 5) Selecione as 4 linhas. Abrir o comando “Copy” , que está na caixa de ferramentas lateral do monitor. Selecione o ponto de origem e copie as linhas da seguinte forma:



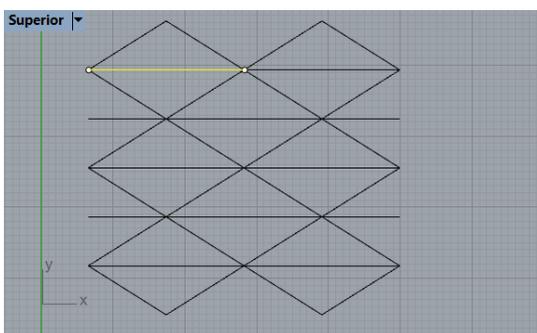
Passo 6) Repetir o processo para obter o desenho final (todas as montanhas).



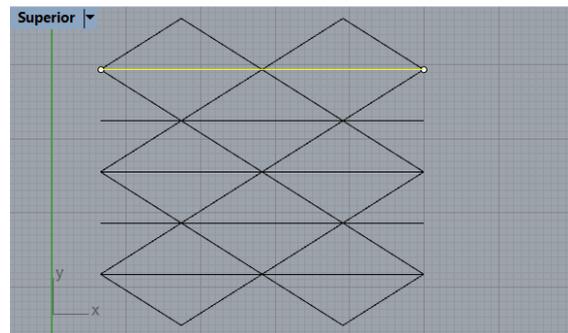
Passo 7) Algumas linhas ficaram sobrepostas. Apague-as clicando em cima das linhas, selecione as linhas que deseja deletar e pressione a tecla “delete”, deixando apenas uma.



Passo 8) Desenhar os vales. Clique no comando “Polyline” (polilinha) , e desenhe cada segmento de linha separadamente.



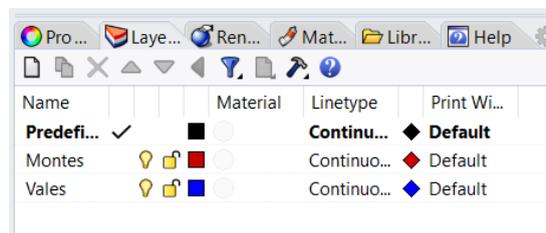
Correto



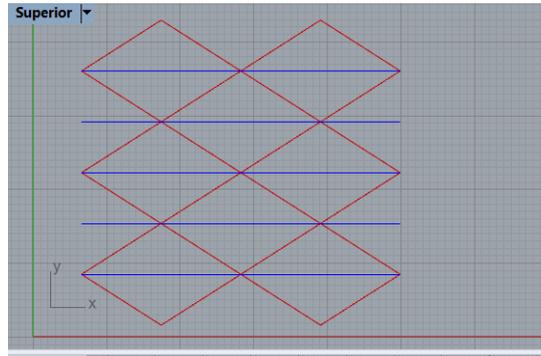
Errado

Passo 9) Criar as “Layers” (camadas). No painel “Layer” , criar uma layer “Montes” na cor vermelha e outra “Vales” na cor azul.

NOTA: Se preferir, renomeie as layers das cores azul e vermelha que já existem.



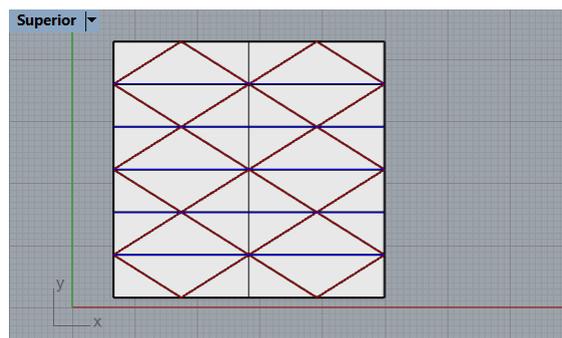
Passo 10) Configurar as linhas. Selecionar as linhas das Montanhas, clique com o botão direito sobre a layer Montanha e escolha “Change object layer”. Faça o mesmo para os vales.



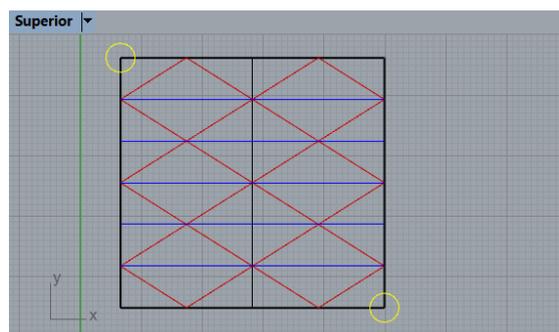
NOTA: Quando estamos trabalhando com ORIGAMI, necessitamos de uma malha (no que se refere a uma folha de papel). Porém, a malha deve ter a possibilidade de dobrar em cada uma das linhas. Existem várias opções para criar essa malha. Portanto, para esse exercício em questão, como solução, utilizaremos uma superfície e partiremos esta superfície com todas as linhas.

ETAPA 2 - RHINOCEROS: Superfície e malha

Na etapa 2, iremos criar uma malha a partir de superfícies individuais.



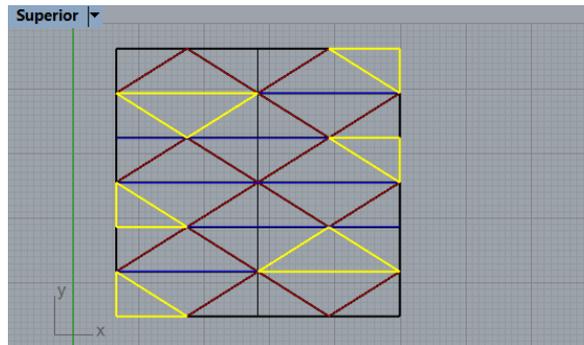
Passo 11) Na caixa de ferramentas localizada na aba lateral esquerda da tela, clicar na cascata de “Superfície” , selecionar “Plano Retangular: De esquina a esquina” , e criar uma malha envolvendo todos os vales e montanhas.



NOTA: Até aqui foi criada uma superfície única, análoga à folha de papel do origami. Nos próximos passos iremos fragmentar esta superfície nas superfícies menores a partir dos vales e montes. Ao

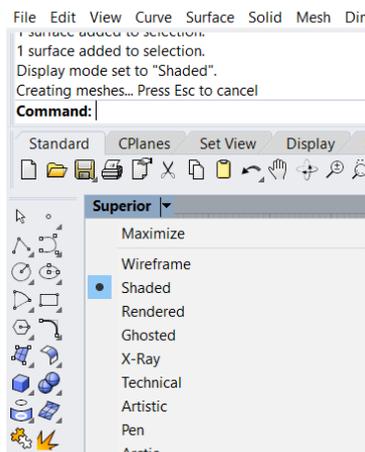
final, teremos uma malha composta por pequenas superfícies. Isto irá garantir a mobilidade/movimentação de cada superfície, mas o conjunto irá se comportar de maneira solidária.

Passo 12) Dividir a superfície em várias partes. Na barra de ferramentas localizada na aba lateral esquerda do monitor, clicar em “Split” . Selecione a malha criada anteriormente e pressione a tecla ENTER. Selecione os objetos que irão segmentar a malha (no nosso caso são as linhas dos vales e montanhas). Em seguida pressionar a tecla ENTER. A malha está dividida em partes.



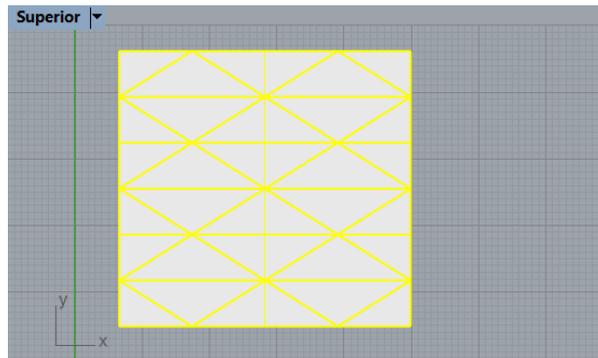
NOTA: Um modo fácil e rápido de selecionar todas as linhas é dentro do comando clicar com o botão direito na layer vales e escolher "select objects", depois clicar com o botão direito na layer montanhas e escolher "select objects".

Passo 13) Na viewport “Vista Superior”, clicar na seta em que está escrito “Superior”, e ativar a opção “Shaded”.



Passo 14) Abrir no Rhinoceros, no comando localizado na aba superior “Select all” (Selecionar todos) , selecionar a opção “Select surfaces” (Selecionar superfícies) .

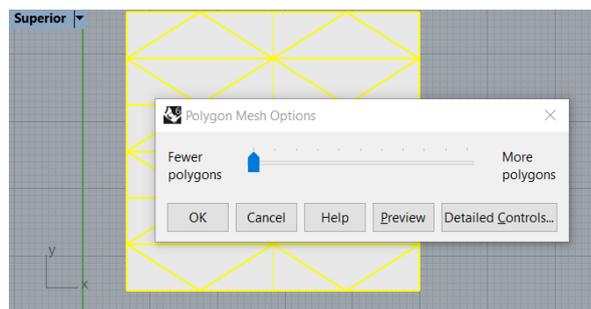
NOTA: Todas as superfícies deverão estar selecionadas.



Passo 15) Criar uma poli-superfície. Com todas as superfícies selecionadas, selecionar o comando “Join” (Unir)  , localizado na caixa de ferramentas no canto esquerdo do monitor.

Passo 16) Criar uma Mesh. Com a poli-superfície criada, selecionar o comando “Mesh from surface/polysurface” (Malha da superfície / poli-superfície), clicar sobre a poli-superfície e pressionar a tecla enter.

Ao abrir a caixa de informação “Polygon mesh options”, colocar o cursor em “Fewer polygons” e pressionar “ok”.



ETAPA 3 - GRASSHOPPER

Observações Iniciais:

No Grasshopper existem 2 definições que precisam ser entendidas.

- Parâmetros: São objetos que nos guardam informações.
Exemplo: Ponto (pt)
- Componentes: São objetos que recebem informações e entregam resultados.
Exemplo: Linha (Ln)

3.1 - Atribuindo os dados de entrada (informações do Rhino)

Passo 17) Abrir a aba "Parâmetros", na sub aba “Geometry”, selecionar o comando “Curve” (Curva)  e colocar 1 par de curvas.

Passo 18) Renomear uma curva para “Curvas Vales” e a outra para “Curvas Montanhas”.

Passo 19) Clicar com o botão direito do mouse sobre uma das curvas (vales ou montes) e selecionar a opção “Set multiple curves”.

Passo 20) Com a opção ativa, selecionar linha por linha que foi desenhado no Rhinoceros, correspondente a característica desejada. Curva-Curva / Montanha-Montanha.

NOTA: Um modo fácil e rápido de selecionar todas as linhas é dentro do comando clicar com o botão direito na layer em que está sendo trabalhado e escolher "select objects".

Passo 21) Finalizar a seleção pressionando a tecla ENTER.

Passo 22) Repetir os passos 20, 21 e 22 para a outra curva.

NOTA: Quando estamos trabalhando com ORIGAMI, necessitamos de uma malha (no que se refere a uma folha de papel). Porém, a malha deve ter a possibilidade de dobrar em cada uma das linhas, como um sistema de dobradiças. Existem várias opções para criar essa malha. Portanto, para esse exercício em questão, como solução, utilizaremos uma superfície e partiremos esta superfície com todas as linhas.

Após criado a malha, vales e superfícies no Rhinoceros, deverá elaborar uma solução para que sejam realizadas as dobras.

3.2 - Preparando a malha no Kangaroo

Passo 23) Abrir a aba "Kangaroo", na sub aba "Main", selecionar o comando "Solver"  e inserir na tela.

Passo 24) No Grasshopper, abrir a aba "Kangaroo", na sub aba "Main", selecionar o comando "Show"  .

Passo 25) Limpar a malha. Abrir a na aba "kangaroo", na sub aba "Mesh", selecionar o comando "Combine&Clean" (Combinar e Limpar)  .

Passo 26) Conectar a saída do componente "Mesh" à entrada "M" do componente "Combine&Clean".

NOTA: Com isso, a malha foi limpa.

Passo 27) Conectar a saída do componente "M" do componente "Combine&Clean" à entrada "G" do componente "Show".

Passo 28) Conectar a saída "G" do componente "Show", à entrada "Goal Objects" do componente "Solver".

NOTA: Após essas conexões, torna-se possível perceber que foram criados todos os "vértices" da malha.

Passo 29) Selecionar os componentes "Combine&Clean" e "Show" e os os parâmetros "Mesh", "Curvas Vales" e "Curvas Montanhas" e ocultá-los.

Passo 30) Ativar a propriedade de visibilidade.



Passo 31) Com a malha no Rhinoceros selecionada, na aba superior, selecionar o comando “Ocultar objects”  .

NOTA: Ficará visível apenas aquilo que está sendo trabalhado (a malha física ficará oculta). Mas, quando selecionado um comando no Grasshopper, a malha poderá ser visualizada.

NOTA: O 1º passo foi limpar a malha. Já o 2º passo será informar os pontos e os lados para que seja possível atribuir plasticidade à malha.

3.3 - Deformação da malha

Passo 32) Abrir a aba “Mesh”, na sub aba “Analysis”, selecionar o comando “Deconstruct Mesh”  .

NOTA: Os pontos/vértices da malha ficarão visíveis no Rhino. O próximo passo é fazer com que esses vértices fiquem ancorados. Para isso:

Passo 33) Abrir a aba “Kangaroo”, na sub aba “Goals-pt”, selecionar o comando “Plasti Anchor”.

NOTA: Para acontecer a plasticidade, deve ser atribuído um valor de plasticidade. Para isso:

Passo 34) Atribuir um fator de força a plasticidade. Abrir a aba “Parâmetros”, na sub aba “Input”, selecionar o comando “Panel” (Painel)  e digitar o valor de 0.001 a esse painel.

Passo 35) Conectar a saída do “Panel” à entrada “Strength” (Força) do componente “Plastic Anchor”  .

Passo 36) Conectar a saída “A” do componente “Plastic Anchor” na entrada “Goal Objects” do componente “Solver”.

NOTA: Resumo do que foi realizado até o momento.

- 1º Passo: Foi realizado o desenho dos “Vales” e “Montanhas” do origami que será resultado do produto final e foi criada uma malha (passo 01 a passo 16).
- 2º Passo: Após a criação dessa malha, traduziu-se todas as informações no Grasshopper (passo 17 ao passo 24).
- 3º Passo: Para uma melhor compreensão dos dados, foi realizada uma limpeza da malha (passo 25 ao passo 31).
- 4º Passo: Foram identificados os “Vértices” e “Lados/arestas” (dobradiças do Kangaroo), (passo 32 ao passo 33).
- 5º Passo: Foi realizado o processo que confere maleabilidade à malha (folha de papel quando pensado no processo analógico). Nessas etapas foi necessário atribuir uma força atuante (plasticidade) para a maleabilidade (passo 34 ao passo 36).

NOTA: O próximo passo é gerar os lados da malha a partir da matriz limpa da malha que foi gerada anteriormente.

Passo 37) Abrir a aba “Mesh” (Malha), na sub aba “Analysis” (Análise), selecionar o comando “Mesh Edges” (Bordas da malha) .

Passo 38) Conectar a saída “M” da matriz da malha limpa “Combine&Clean” na entrada “M” do componente “Mesh Edges”.

NOTA: Observa-se que os lados da malha foram gerados.

Passo 39) Ocultar os componentes “Deconstruct Mesh”, “Plastic Anchor” e o “Panel”.

NOTA: O passo seguinte é sujeitar esses lados criados a uma plasticidade linear. Para tanto:

Passo 40) Abrir a aba “Kangaroo”, na sub aba “Goals-lin”, entrada “Line” do componente “Length (line)” .

Passo 41) Com o “Shift” pressionado, conectar a saída “E1” e “E2” do componente “M Edges”, à entrada “Line”(Linha) do componente “Length (Line)” (Comprimento - Linha).

NOTA: Essa conexão foi gerada pois uma está sendo atribuída aos lados (E1, E2).

Passo 42) Atribuir um valor de força de “10”, em um “Panel”.

Passo 43) Selecionar o componente “M Edges”, “length (Line)” e o parâmetro “Panel” e ocultá-los.

NOTA: Deve-se fazer com os lados o mesmo que foi feito com os pontos/vértices e conectar ao objeto principal (Solver). Para isso:

Passo 44) Conectar a saída “S” do componente “Length (line)” à entrada “Goal Objects” do componente “Solver”.

NOTA: Agora é necessário pegar cada uma dessas curvas e fazer alguns procedimentos para que a dobra aconteça. Logo, o primeiro procedimento a ser realizado é encontrar o ponto médio de cada uma das curvas.

Passo 45) No menu superior, abrir a aba “Curva”, na sub aba “Analysis”, selecionar o comando “Evaluate Curve”.

NOTA: A propósito de estudos, as primeiras curvas a serem avaliadas serão os vales.

Passo 46) Conectar a saída do parâmetro “Curvas Vales” à entrada “C” do componente “Evaluate Curve”.

NOTA: Torna-se necessário avaliar um ponto que esteja na metade. Ou seja, gerar o ponto médio de cada um dos vales. Logo:

Passo 47) Abrir a aba “parameters”, na sub aba “Input”, e selecionar o comando “Panel”.

Passo 48) Editar o comando “Panel” com o valor de 0.5 (valor atribuído de 0.5 por ser a metade de um número inteiro)

Passo 49) Conectar a saída do parâmetro “Panel” à entrada “T” do componente "Evaluate Curve".

NOTA: Ao realizar essa etapa, pode ser que os pontos médios que foram encontrados não estejam localizados no ponto médio das linhas/vales. Ou seja, pode ser que esteja gerando a partir de um valor 0, por exemplo. Para corrigir o erro, deve-se:

Passo 50) Clicar sobre a letra “C” (Curve) do componente “Evaluate Curve”, com o botão esquerdo do mouse, e selecionar “Reparameterize” .

NOTA: O próximo passo a ser realizado é avaliar as montanhas seguindo o mesmo procedimento realizado para os vales.

Passo 51) “Evaluate Curve” → 0,5 → “Reparameterize”.

Passo 52) No menu superior, abrir a aba “Kangaroo 2”, na sub aba “Mesh”, selecionar o comando “Hinge Points” (Pontos de dobradiça) .

Passo 53) Conectar a saída do parâmetro “Clean” à entrada “M” do componente “Hinge Points”.

Passo 54) Acrescente o componente Line. No menu superior, abrir a aba “Curve” (Curva), na sub aba “Primitive” (Primitivo), selecionar o comando “Line” (Linha).

Passo 55) No input do line conecte com o output do Hinge Points. 1 ao “Start Point (A)” (Ponto de Partida) e 2 ao “End Point (B)” (Ponto Final).

NOTA: A linha de saída do Line, também deverá ser avaliada. Logo, acrescente o componente Evaluate.

Passo 56) No menu superior, abrir a aba “Curva”, na sub aba “Analysis”, selecionar o comando “Evaluate Curve”.

Passo 57) Conectar a saída “L” do componente "Line" à entrada “C” do componente "Evaluate Curve”.

Passo 58) Encontrar o meio da curva. Coloque em “Parameter (T)” (Parâmetro), um painel com 0.5.

Passo 59) Clique no componente para visualizar o resultado. Veja se os pontos médios aparecem. Se não aparecer, clique com o botão direito em “Curve (c)” (Curva) e clique em “Reparameterize” (Reparametrizar).

Passo 60) No menu superior, abrir a aba “Vector” (Vetor), na sub aba “Point” (Ponto), selecionar o componente “Distance” (Distância). Insira 2 componentes.

Passo 61) Conectar o output Point (P) de evaluate curve (que veio do Hingepoints) ao Point (B) do 1° componente “Distance” e também ao Point (B) do 2° componente “Distance”.

Passo 62) No componente “Evaluate” que está conectado ao componente Line (que veio do Hinge points), clique com o botão direito sobre a saída P e coloque Graft.

Passo 63) Conectar o output Point (P) de “Evaluate” (que veio do Curvas Vales) ao “Point (A)” do 1° componente “Distance”

Passo 64) Conectar o output Point (P) de “Evaluate” (que veio do Curvas Montes) ao “Point (A)” do 2° componente “Distance”

Passo 65) No menu superior, abrir a aba “Sets” (Conjuntos), na sub aba “List” (Lista), selecionar o componente “Sort List” (Lista de classificação). Insira dois componentes.

Passo 66) Conectar as saídas do componente “Distance” à entrada “Keys” do “Sort List”.

Passo 67) No menu superior, abrir a aba “Maths” (Matemáticas), na sub aba “Operators” (Operadores), selecionar o componente “Smaller Than” (Menor que). Insira 2 componentes.

Passo 68) Conecte a saída “Keys (K) as List” (Chaves como lista) do componente “Sort List” à entrada “First Number (A)” (Primeiro Número).

Passo 69) Coloque um painel com o valor de 0.01 na entrada “Second Number (B)” (Segundo Número).

Passo 70) No menu superior, abrir a aba “Sets” (Conjuntos), na sub aba “List” (Lista), selecionar o componente “List Item” (Item da lista). Coloque-o entre o “Sort List” e o “Smaller Than”.

Passo 71) Conecte a saída “Keys (K) as List” do componente “Sort List” à entrada “List (L) as List” (Listar (L) como lista) do componente “Item”.

Passo 72) Conecte a saída “Item (i)” do componente “Item” à entrada “First Number (A)” do componente “Smaller than”.

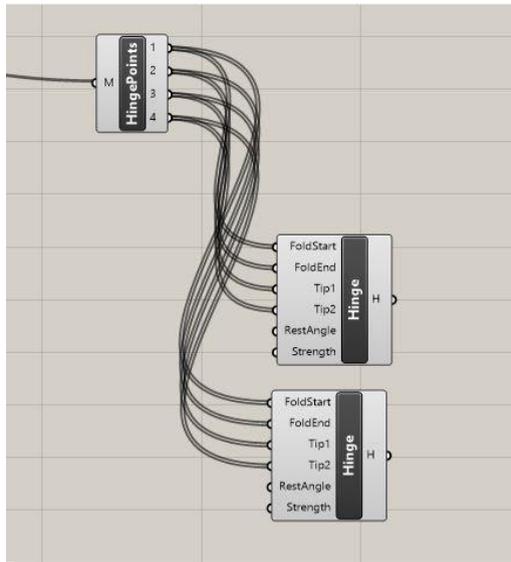
NOTA: Faça esse mesmo procedimento para os dois “Sort List (Sort)”.

Passo 73) No menu superior, abrir a aba “Kangaroo2”, na sub aba “Goals-Mesh”(Metas da Malha), selecionar o componente “Hinge  ” (Dobradiça). Insira dois componentes.

NOTA: Posicione ambos embaixo dos componentes “Evaluates Curves” .

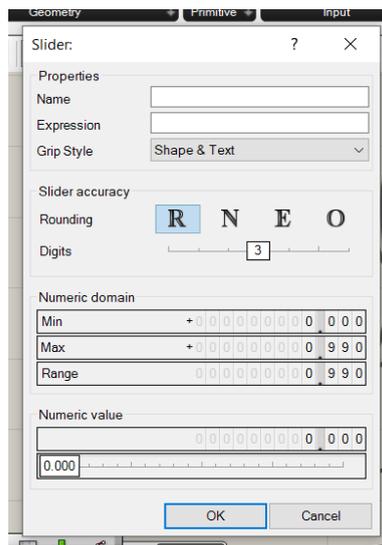
Passo 74) Conecte as saídas do componente “Hinge Points” as entradas dos 2 componente “Hinge” da seguinte forma:

- 1 em “Fold Start”;
- 2 em “Fold End”;
- 3 em “Tip 1”, e;
- 4 em Tip 2”.



Passo 75) Criar um slider com intervalo entre 0 e 0.990. No menu superior, abrir a aba “Params”, na sub aba “Input”, selecionar o parâmetro “Number Slide”.

Passo 76) Configurar o parâmetro “Number Slide”. Clicar com o botão direito sobre o parâmetro “Number Slider”, abrir a opção “Edit” (Editar). Na configuração “Numeric domain” (Domínio numérico), colocar o valor mínimo de “0,000” e colocar o valor máximo de “0,990”. Pressione “OK”.



Passo 77) Insira o componente Pi. No menu superior, abrir a aba “Maths”, na sub aba “Util”, selecionar o parâmetro “Pi π ”.

Passo 78) No menu superior, abrir a aba “Maths”, na sub aba “Operators”(Operadores), selecionar o componente “Negative $-x$ ”.

Passo 79) No menu superior, abrir a aba “Maths”, na sub aba “Operators”(Operadores), selecionar o componente “Multiplication \times ” (Multiplicação). Insira dois componentes.

Passo 80) Conectar a saída “Result (y)” (Resultado) do componente “Negative” à entrada “A” do 2º componente “Multiplication”.

Passo 81) Conectar a saída do parâmetro “Number Slider” à entrada “B” dos 2 componentes “Multiplication”.

Passo 82) Conectar a saída “Output (y) do parâmetro “Pi” à entrada “A” do primeiro “Multiplication”.

Passo 83) Conectar a saída “Output (y) do parâmetro “Pi” à entrada “X” do componente “Negative”.

Passo 84) Conecte a saída R do primeiro subtraction a entrada Rest Angle de Hinge. Fazer isto para as duas subtrações nos dois Hinge.

Passo 85) Colocar dois componentes “Cull Pattern”. No menu superior, abrir a aba “Sets”, na sub aba “sequence”, selecionar o componente “Cull Pattern” . Insira 2 componentes na frente do componente “Smaller”.

Passo 86) Conectar a saída “<” do primeiro componente “Smaller” à entrada “P” do primeiro componente “Cull pattern”.

Passo 87) Conectar a saída do primeiro componente “Hinge” à entrada “List (L)” do primeiro componente “Cull pattern”.

Passo 88) Clicar com o botão direito na saída “<” do componente “Smaller” e selecionar “Flatten” (Achatar).

Passo 89) Repetir os passos 81, 82 e 83 para o 2º componente “Smaller” e “Cull pattern”.

Passo 90) No menu superior, abrir a aba “Kangaroo2”, na sub aba “Goals-Mesh”, selecionar o componente “No Fold Through” (Sem dobra) . Colocar próximo do hinge.

Passo 91) Conecte as saídas do componente “Hinge Points” as entradas do componente “No fold through” da seguinte forma:

- 1 em “Fold Start”;
- 2 em “Fold End”;
- 3 em “Tip 1”, e;
- 4 em Tip 2”.

Passo 92) Acrescentar um “Panel”. Abrir a aba “Parâmetros”, na sub aba “Input”, selecionar o comando “Panel” (Painel)  e digitar o valor de 100 a esse painel.

Passo 93) Conectar a saída do parâmetro “Panel - 100” à entrada “Strength” (Força) do componente “No fold through”.

Passo 94) Atribuir “Strength” (Força) aos componentes Hinge. Crie um “Panel” (seguindo o passo 87) com o valor de 0.1 e conecte a saída do “Panel” gerado, à entrada “Strength” do componente “Hinge”.

NOTA: Faça isto para os dois componentes “Hinge”.

Passo 95) Conectar a saída do componente “No Fold Through” à entrada “Goal Objects” do componente “Solver”.

Passo 96) No menu superior, abrir a aba “Parameters”, na sub aba “input”, selecionar o componente “Boolean toggle” .

Passo 97) Conectar a saída do parâmetro “Boolean toggle” à entrada “On” do componente “Solver”.

Passo 98) Acrescente o componente “Button”. No menu superior, abrir a aba “Parameters”, na sub aba “input”, selecionar o componente “Button” (Botão) .

Passo 99) Conectar a saída do parâmetro “Button” à entrada “Reset” do componente “Solver”.

