

TUTORIAL SOBRE PARÂMETROS DE LINHAS NO ATP

Sumário

1. Instalação do Atpdraw e configuração de diretórios e programas auxiliares no Atpdraw	2
1.1. "Instalação"	2
1.2. Configuração de diretórios.....	2
2. Utilização da rotina Line Constants	6
2.1. Preenchimento dos dados gerais	6
2.2. Preenchimento dos dados de geometria da linha.....	7
2.3. Verificação dos parâmetros	8
2.4. Alternativa para verificação dos parâmetros no arquivo de saída .lis	9
3. Exemplo ATP completo circuito simples 138 kV	11
3.1. Cálculo dos dados dos condutores.....	13
4. Exemplo ATP Completo Circuito Duplo 138 kV	19
5. Exemplo Anarede Circuito Duplo 138 kV	25
6. Exemplo Anafas Circuito Duplo 138 kV.....	27

1. Instalação do Atpdraw e configuração de diretórios e programas auxiliares no Atpdraw

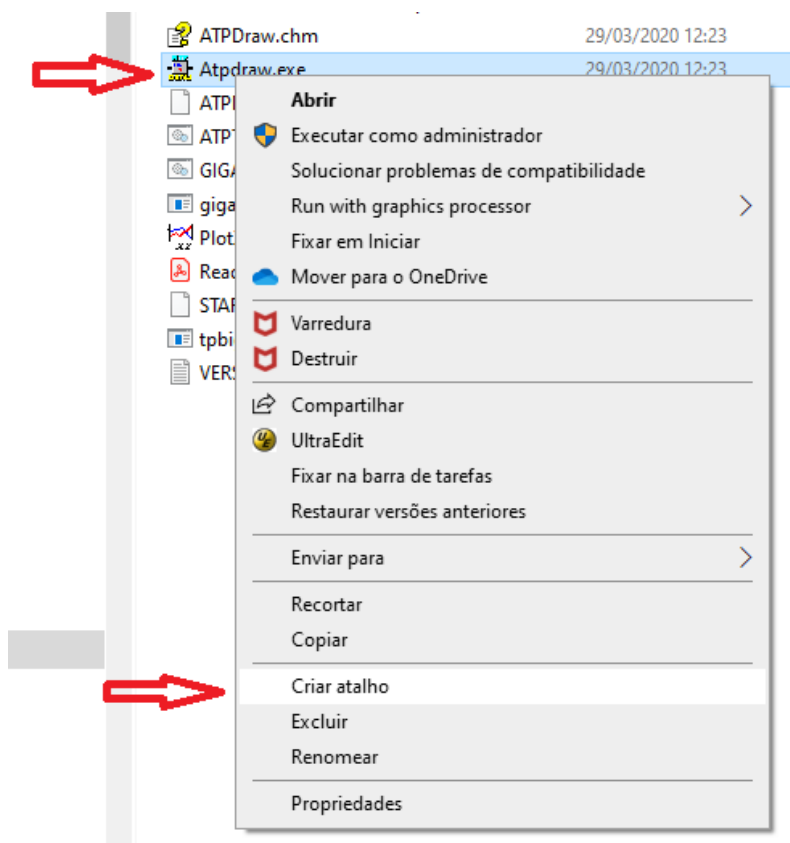
OBS – No Windows Explorer desmarcar a opção de ocultar extensões de arquivos conhecidos, pois ocultar extensões atrapalha demais.

1.1. “Instalação”

O Atpdraw não precisa ser instalado, basta unzipar Atpdraw_C em:

C:\ATPDraw (NÃO MUDAR O LOCAL, para que as próximas instruções não deem bug)

Se quiser um atalho na área de trabalho basta fazer:



E mover ou copiar o atalho para a área de trabalho, no caso abaixo o atalho foi renomeado de Atpdraw - atalho para Atpdraw_5.9.3

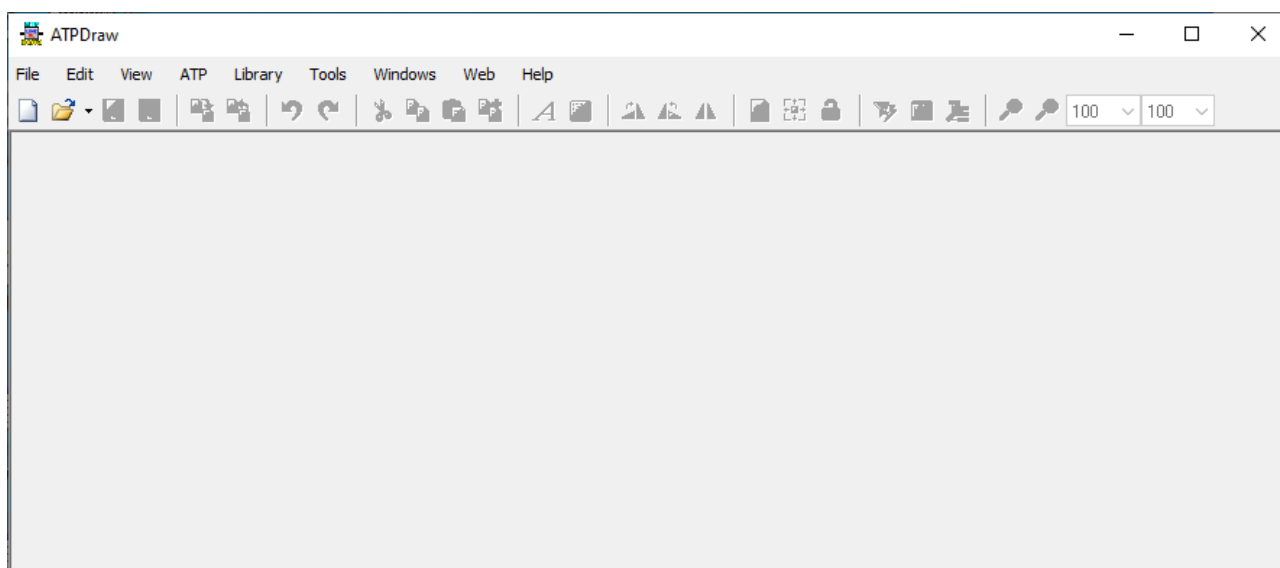


1.2. Configuração de diretórios

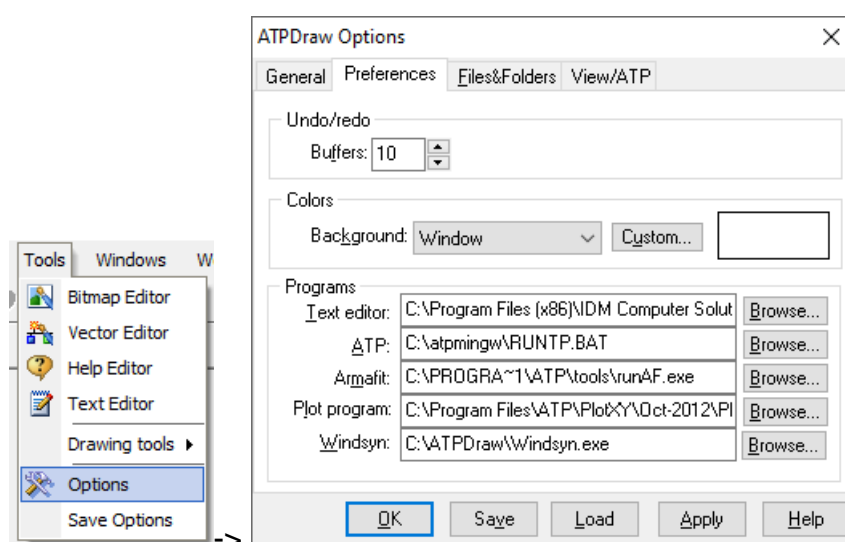
O Atpdraw é apenas uma interface gráfica, que faz as seguintes tarefas:

1. Criação de redes para simulação no ATP, salvas com a extensão .acp
2. Criação de arquivos .atp, que são os arquivos texto de entrada para simulação no ATP
3. Chamada da simulação no ATP, usando versão definida pelo usuário
4. Visualização de arquivos de entrada (.atp) e saída (.lis) usando editor de texto de texto definido pelo usuário (ou editor próprio, nível Notepad)
5. Visualização dos gráficos no tempo, usando o programa Plotxy

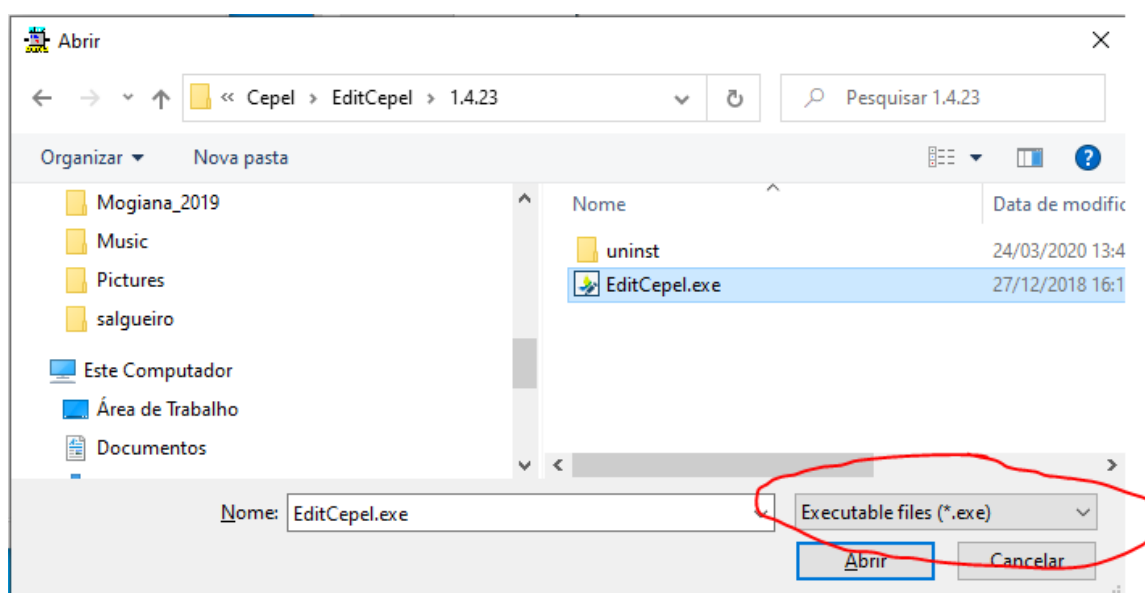
Ao se abrir o Atpdraw tem-se a seguinte tela:



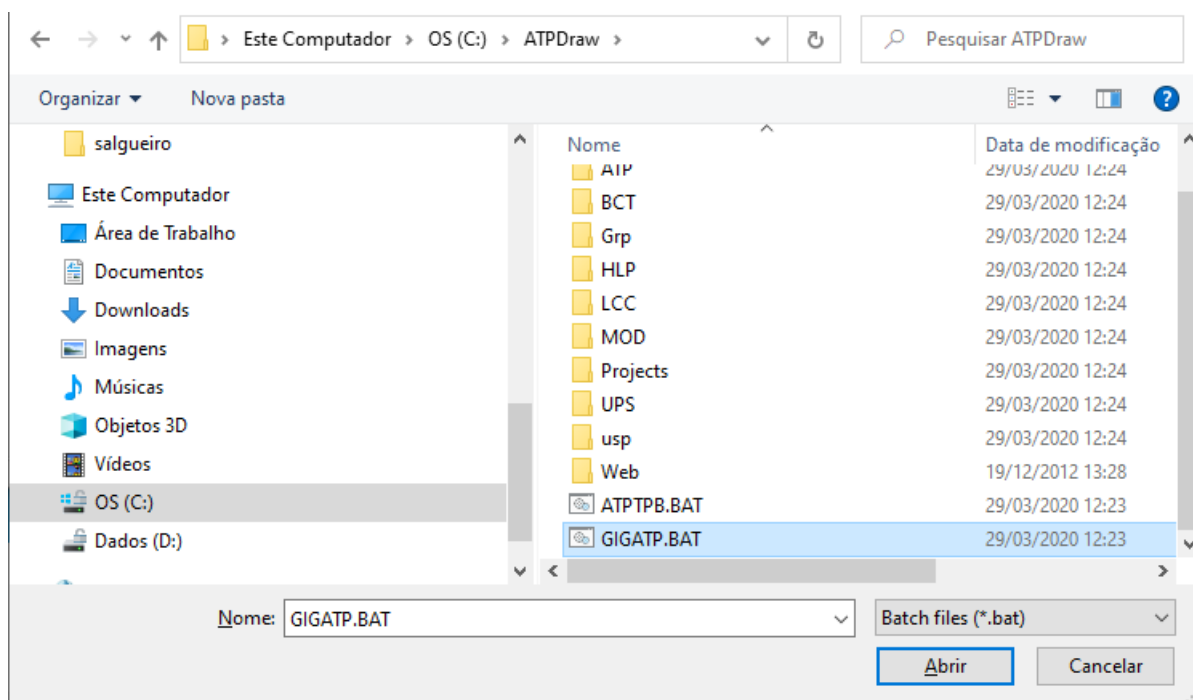
A configuração dos diretórios é feita em:



Para Text editor sugere-se usar um bom ou aceitável, por exemplo o EditCepel, em C:\Cepel\EditCepel\1.4.23



O ATP propriamente dito é selecionado assim:



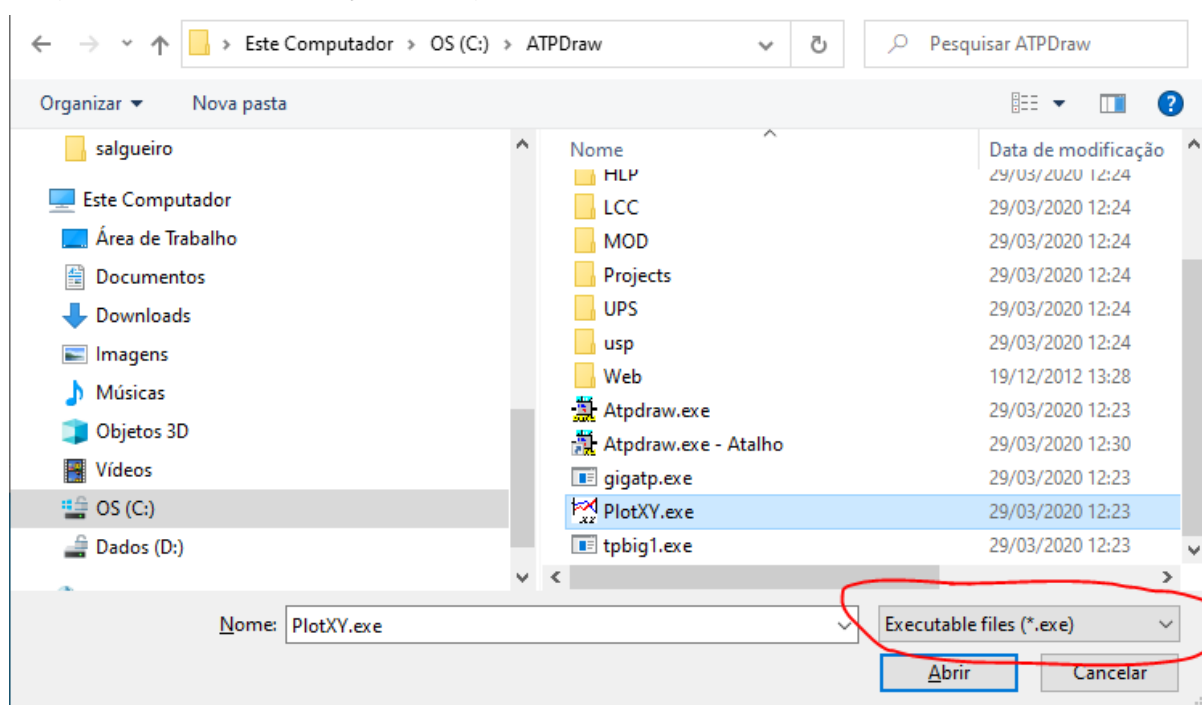
O conteúdo do arquivo de lote (batch), GIGATP.BAT é o seguinte:

```
copy C:\ATPdraw\startup startup
C:\ATPdraw\GIGATP.EXE DISK %1 S -R
PAUSE
del *.dbg,*.bin,*.tmp
```

Na segunda linha o ATP (versão GIGATP.EXE, que suporta muitas linhas na rede) é executada para o arquivo atual que está aberto no AtpDraw.

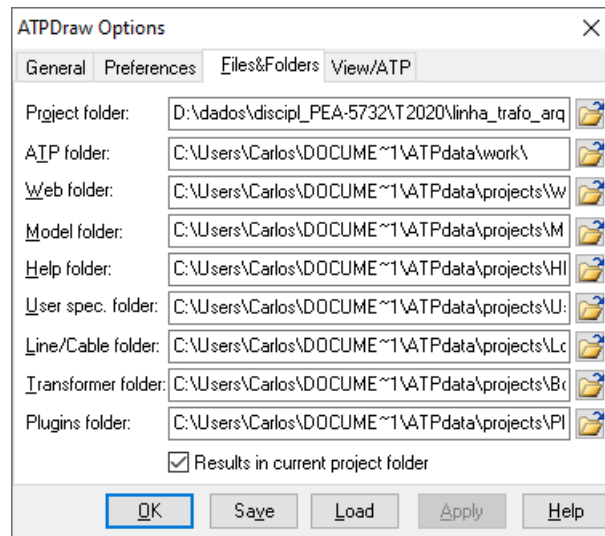
A terceira linha com a pausa pode ser comentada alterando para: Rem PAUSE e salvando o .bat

O programa para visualização dos gráficos é definido assim:



O Armafit e WIndsyn deixa como está.

Para definição do diretório de trabalho vale a pena definir o Project Folder:

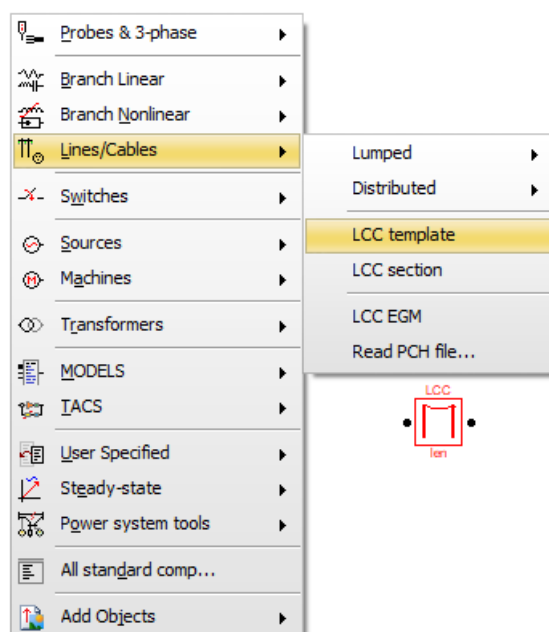


E selecionar Results in current project folder

2. Utilização da rotina Line Constants

Primeiro fazer File>New e aproveitar para salvar (LT138.acp) no diretório Project Folder da pagina 4.

Escolher o bloco (clica com botão direito em qualquer lugar em branco da janela):



2.1. Preenchimento dos dados gerais

Sempre usar as opções Transpose (linha transposta), Auto bundling (Bundle ao invés de informar a posição de cada condutor para 2 ou mais por fase) e Skin Effect (Consideração do efeito pelicular, mas sem correções de Carson).

2.2. Preenchimento dos dados de geometria da linha

Line/Cable Data: LT138

Model Data Nodes

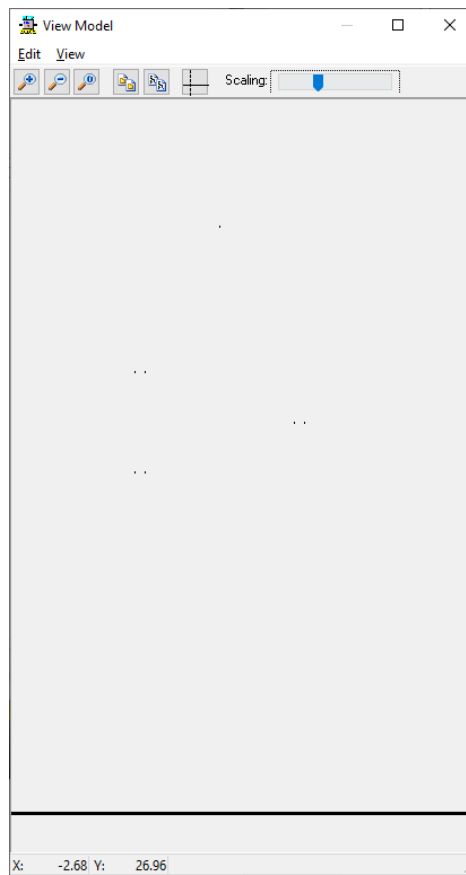
	Ph.no.	Rin	Rout	Resis	Horiz	Vtower	Vmid	Separ	Alpha	NB
#		[cm]	[cm]	[ohm/km DC]	[m]	[m]	[m]	[cm]	[deg]	
1	1	0.337	0.9145	0.19682	-3	21.8	14.07	40	0	2
2	2	0.337	0.9145	0.19682	3	19.9	12.17	40	0	2
3	3	0.337	0.9145	0.19682	3	18	10.27	40	0	2
4	0	0.4035	0.675	0.44005	0	26.8	19.84	0	0	0

Add row Delete last row Insert row copy

Move

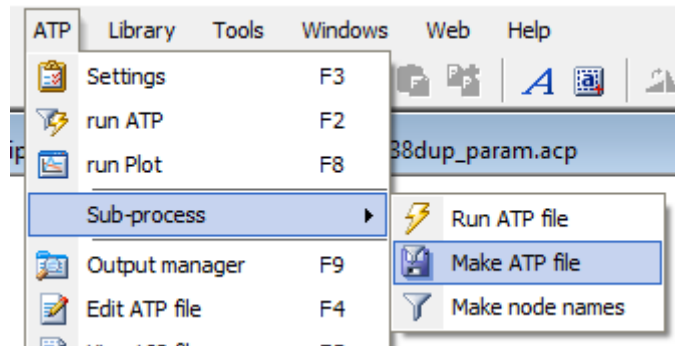
OK Cancel Import Export Run ATP View Verify Edit defin. Help

Usando View tem-se:

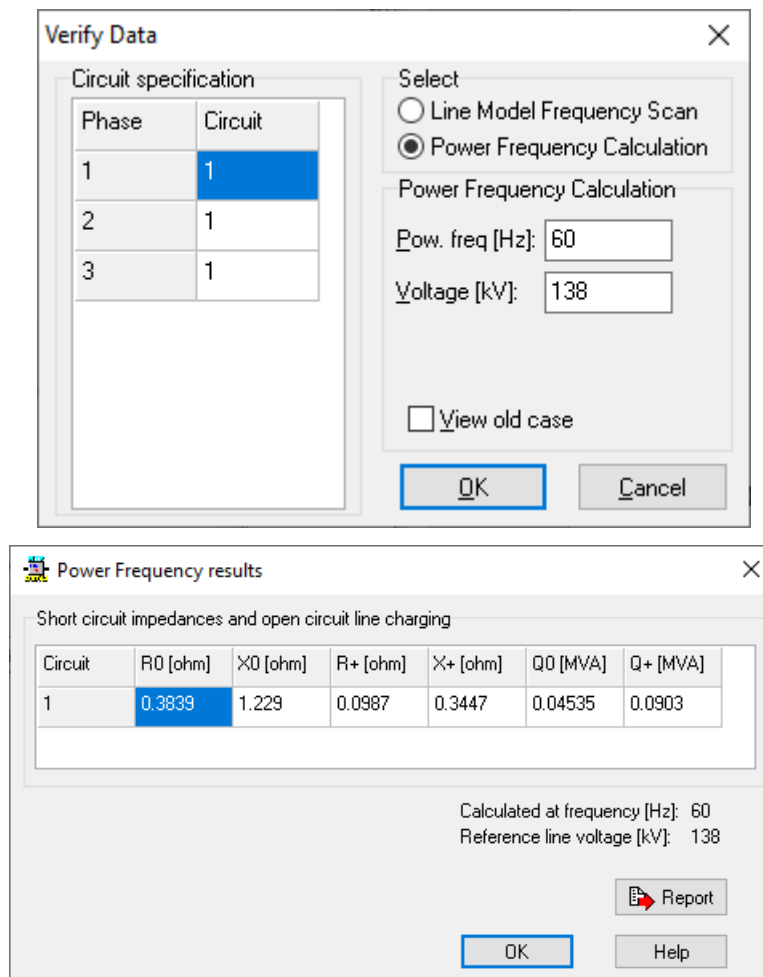


2.3. Verificação dos parâmetros

OBS – Antes de usar o Verify, salvar o arquivo Atpdraw em um diretório sem espaços no nome, nem caracteres especiais, por exemplo, usar c:\pea5732\aula_linha (que poderia ser o Project_folder da pag 5), e fazer (pelo menu), escolhendo o mesmo local do Project_folder):



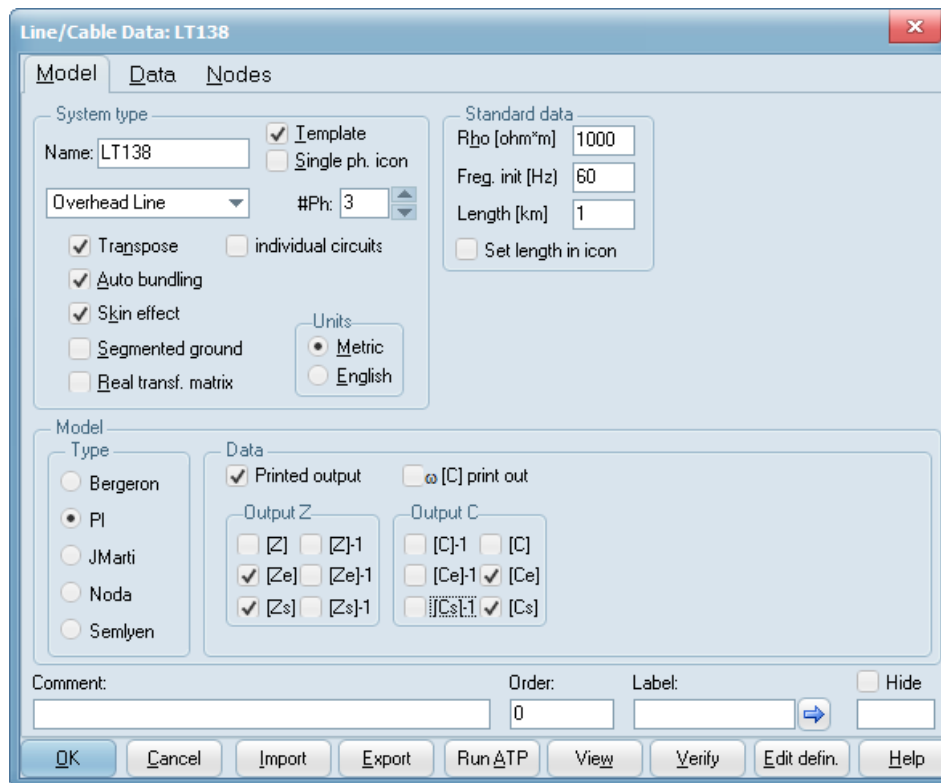
Usar o botão Verify (Na tela Line/Cable Data, vide figura 2.1) com 60 Hz e 1 km para o comprimento.



Q0 e Q1 são as potências capacitivas totais de sequência zero e positiva. Y e C devem ser calculados.

2.4. Alternativa para verificação dos parâmetros no arquivo de saída .lis

Usar model type PI e escolher as matrizes de saída conforme indicado:

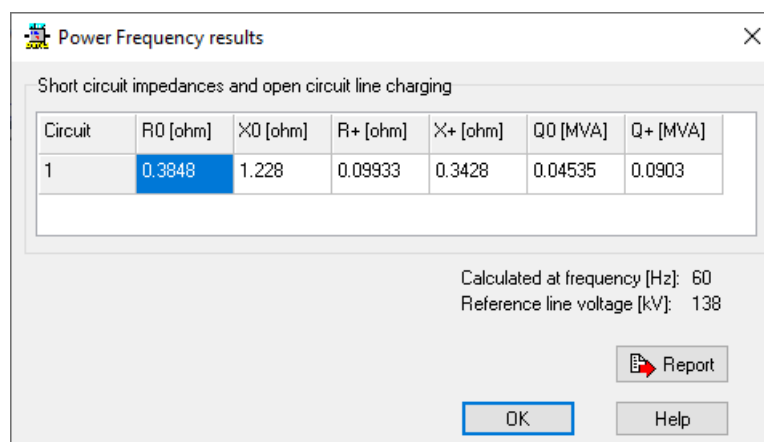


Consultando o arquivo de saída .lis tem-se:

Sequence	Surge impedance magnitude(Ohm)	velocity angle(degr.)	Resistance Ohm/km	Reactance Ohm/km	Susceptance mho/km
Zero :	7.60705E+02	-8.19536E+00	2.18756E+05	3.73751E-01	1.27066E+00
Positive:	2.59605E+02	-8.31204E+00	2.86715E+05	9.86927E-02	3.30551E-01

Os valores são próximos mas não são iguais aos da figura abaixo, que são obtidos pelo Atpdraw de forma alternativa ao invés de verificação direta no arquivos .lis gerado pelo Line Constants.

Observa-se também que usando verify os parâmetros apresentam diferenças em relação aos vistos no item 2.3.



Deve-se lembrar que Q0 e Q1 são as potências capacitivas totais de sequência zero e positiva.

A seguir os cálculos de Y e C

$$Q0=y0*compr*Vn^2$$

Ou, para compr=1 km e Vn=138 kV, abaixo usando Matlab:

$$y0=Q0/138^2$$

$$y0 = 2.3167e-06 \text{ Siemens}$$

$$c0=y0/(2*pi*60)$$

$$c0 = 6.3167e-09 \text{ Farad}$$

$$y1=Q1/138^2$$

$$y1 = 4.7417e-06 \text{ Siemens}$$

$$c1=y1/(2*pi*60)$$

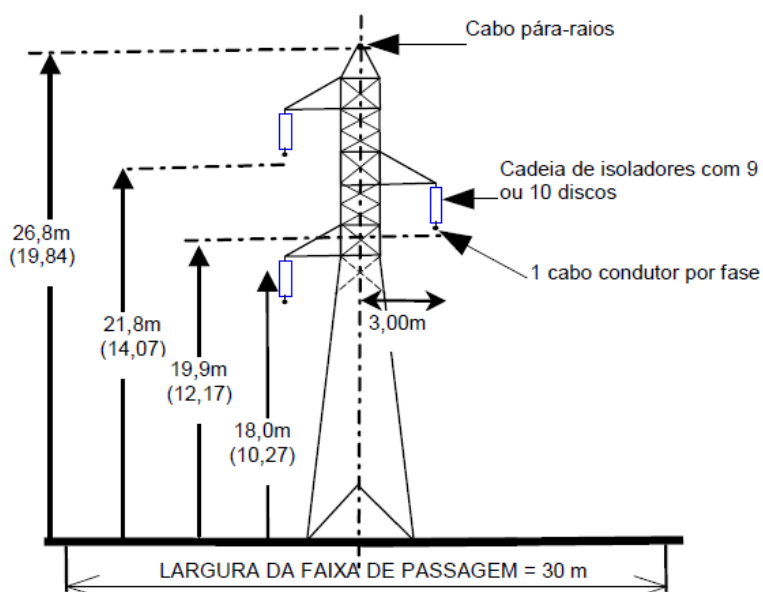
$$c1 = 12.2578e-09 \text{ Farad}$$

Ou seja, usar somente os parâmetros obtidos no arquivo .lis

3. Exemplo ATP completo circuito simples 138 kV

Esse exemplo equivale às telas apresentadas anteriormente, o arquivo é o LT138_param.acp.

O objetivo é calcular os parâmetros da linha 138 kV com a seguinte geometria:



Com 2 cabos Linnet 336,4 MCM (Nexans_catalogo nus_maio 2013.pdf), espaçados 40 cm, com temperatura de projeto de 60°C. A temperatura ambiente é de 30°C.

Cabos de alumínio nu com alma de aço - CAA - Dados técnicos
ACSR - Aluminium Conductor Steel Reinforced

Condutor	Bitola	Seção transversal (mm ²)		Formação do condutor				Diâmetro nominal (mm)		Peso nominal (kg/km)			Porcentagem no peso total (%)	
	AWG ou kcmil	Alumínio	Total	Alumínio		Aço		Alma de aço	Total	Alumínio	Aço	Total	Alumínio	Aço
				Nº de fios	Diâmetro (mm)	Nº de fios	Diâmetro (mm)							
Turkey	6	13,28	15,49	6	1,679	1	1,679	1,68	5,04	36,4	17,2	53,6	67,9	32,1
Thrush	5	16,78	19,58	6	1,887	1	1,887	1,89	5,66	46,0	21,8	67,8	67,9	32,1
Swan	4	21,14	24,66	6	2,118	1	2,118	2,12	6,35	58,0	27,4	85,4	67,9	32,1
Swallow	3	26,69	31,14	6	2,380	1	2,380	2,38	7,14	73,2	34,6	107,8	67,9	32,1
Sparrow	2	33,64	39,25	6	2,672	1	2,672	2,67	8,02	92,3	43,6	135,9	67,9	32,1
Robin	1	42,41	49,48	6	3,000	1	3,000	3,00	9,00	116,4	55,0	171,4	67,9	32,1
Raven	1/0	53,55	62,47	6	3,371	1	3,371	3,37	10,11	146,9	69,4	216,3	67,9	32,1
Quail	2/0	67,40	78,63	6	3,782	1	3,782	3,78	11,35	184,9	87,4	272,3	67,9	32,1
Pigeon	3/0	85,00	99,17	6	4,247	1	4,247	4,25	12,74	233,2	110,2	343,4	67,9	32,1
Penguin	4/0	107,22	125,09	6	4,770	1	4,770	4,77	14,31	294,2	139,0	433,2	67,9	32,1
Waxwing	266,8	135,07	142,57	18	3,091	1	3,091	3,09	15,46	372,4	58,4	430,7	86,4	13,6
Owl	266,8	135,18	152,72	6	5,356	7	1,786	5,36	16,07	370,9	137,0	507,9	73,0	27,0
Partridge	266,8	135,19	157,23	26	2,573	7	2,002	6,01	16,30	374,6	172,2	546,7	68,5	31,5
Ostrich	300,0	151,97	176,70	26	2,728	7	2,121	6,36	17,28	421,0	193,2	614,2	68,5	31,5
Merlin	336,4	170,42	179,89	18	3,472	1	3,472	3,47	17,36	469,9	73,7	543,5	86,4	13,6

Cabos de alumínio nu com alma de aço - CAA - Dados técnicos

ACSR - Aluminium Conductor Steel Reinforced

Carga de ruptura (kgf)		Resistência elétrica (ohm/km)		Raio médio geométrico (m)	Reatância		Ampacidade (A)	Bitola	Condutor
Classe A	Classe B	CC 20°C	CA-60 Hz 75°C		Indutiva (ohm/km)	Capacitiva (Mohm.km)		AWG ou kcmil	
540	524	2,1532	2,6769	0,00193	0,4712	0,2857	118	6	Turkey
676	657	1,7041	2,1193	0,00217	0,4624	0,2801	136	5	Thrush
845	820	1,3526	1,7119	0,00244	0,4537	0,2746	156	4	Swan
1044	1013	1,0714	1,3558	0,00274	0,4449	0,2690	181	3	Swallow
1292	1254	0,8500	1,1023	0,00308	0,4362	0,2635	206	2	Sparrow
1617	1568	0,6742	0,8867	0,00346	0,4274	0,2579	237	1	Robin
1984	1923	0,5340	0,7090	0,00388	0,4186	0,2524	273	1/0	Raven
2401	2324	0,4243	0,5773	0,00436	0,4100	0,2469	312	2/0	Quail
2996	2899	0,3364	0,4741	0,00489	0,4012	0,2414	354	3/0	Pigeon
3779	3656	0,2667	0,3797	0,00550	0,3925	0,2358	408	4/0	Penguin
3114	3062	0,2127	0,2584	0,00600	0,3858	0,2321	504	266,8	Waxwing
4393	4273	0,2115	0,2553	0,00617	0,3837	0,2303	512	266,8	Owl
5121	4970	0,2136	0,2554	0,00661	0,3785	0,2296	514	266,8	Partridge
5751	5582	0,1900	0,2274	0,00701	0,3741	0,2268	553	300,0	Ostrich
3929	3864	0,1686	0,2051	0,00674	0,3770	0,2266	583	336,4	Merlin
6396	6206	0,1695	0,2032	0,00742	0,3698	0,2241	594	336,4	Linnet

O cabo guarda é o Leghorn (Catálogo Nexans - CAA Extra Forte.pdf), com temperatura de projeto de 30°C:

Cabos de Alumínio com Alma de Aço Extra Forte - CAA

Características

Características construtivas	
Material do condutor	Alumínio / Alma de Aço
Tipo de condutor	Circular, encordado
Características mecânicas	
Têmpera	1350-H19

Dados técnicos I

Bitola [kcmil]	Nº aluminium wires	Diâmetro dos fios de alumínio [mm]	Número de fios de aço	Diam. Steel Wire [mm]	Seção transversal de alumínio [mm²]	Seção transversal do condutor [mm²]	Tipo de cabo
80	8	2,54	1.0	4,242	40,54	54,67	Grouse
101,8	12	2,339	7.0	2,339	51,56	81,64	Petrel
110,8	12	2,441	7.0	2,441	56,16	88,92	Minorca
134,6	12	2,69	7.0	2,69	68,2	107,98	Leghorn

Dados técnicos II

Diâmetro do condutor [mm]	Diâmetro da alma de aço [mm]	Alu content [kg/km]	Peso nominal do aço (aprox.) [kg/km]	Massa aproximada [kg/km]	Carga de ruptura (Classe A) [kgf]	Carga de ruptura (Classe B) [kgf]	Tipo de cabo
9,3	4,24	111,2	110	221,2	2360	2260	Grouse
11,7	7,02	142,9	234,9	377,8	4709	4503	Petrel
12,2	7,32	155,6	255,9	411,5	5128	4904	Minorca
13,5	8,07	188,9	310,7	499,7	6164	5909	Leghorn

Dados técnicos III

Ampacidade [A]	Raio médio geométrico [m]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Resistência elétrica máxima CA 60Hz 75°C [Ohm/km]	Reatância indutiva [Ohm/km]	Reatância capacitiva [MOhm.km]	Tipo de cabo
210,0	0,004	0,705	0,858	0,425	0,256	Grouse
240,0	0,005	0,56	0,786	0,408	0,245	Petrel
250,0	0,005	0,514	0,733	0,404	0,243	Minorca
280,0	0,005	0,423	0,622	0,397	0,239	Leghorn

3.1. Cálculo dos dados dos condutores

Para o condutor e cabo guarda, deve-se corrigir a resistência com a temperatura:

Para o condutor

$$R_{ac60} = R_{ac20} * (1 + \alpha * (T_{proj} - T_0))$$

$$\alpha = 0.00403 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, T_0 \text{ (catálogo, } 20^\circ\text{C)}$$

$$R_{ac60} = 0.1695 * (1 + 0.00403 * (60 - 20))$$

$$R_{ac60} = 0.19682$$

Para o cabo guarda:

$$R_{ac30} = 0.423 * (1 + 0.00403 * (30 - 20))$$

$$R_{ac30} = 0.44005$$

Os catálogos contêm normalmente o diâmetro externo e interno em mm, tomar cuidado pois no Atpdraw são informados os raios em cm.

Para obtenção dos parâmetros sequenciais, escolher os dados gerais conforme a figura do item 2.4, repetida aqui.

Na aba System Type, usar nesse caso Name LT138, assim todos arquivos associados à rotina Line Constants ficarão com o mesmo nome, mudando apenas as extensões (LT138.dat, LT138.lis e LT138.lib).

Na tela de geometria (Data), repetida aqui:

#	Ph.no.	Rin	Rout	Resis	Horiz	Vtower	Vmid	Separ	Alpha	NB
		[cm]	[cm]	[ohm/km DC]	[m]	[m]	[m]	[cm]	[deg]	
1	1	0.337	0.9145	0.19682	-3	21.8	14.07	40	0	2
2	2	0.337	0.9145	0.19682	3	19.9	12.17	40	0	2
3	3	0.337	0.9145	0.19682	3	18	10.27	40	0	2
4	0	0.4035	0.675	0.44005	0	26.8	19.84	0	0	0

Valem as observações:

1. As fases (Ph.no.) devem ser numeradas de 1 a 3 para circuito simples, e de 1 a 6, para linhas de circuito duplo.

O cabo guarda é numerado com 0, e assim a ordem das matrizes Z e Y será 3, após redução de Kron, feita pelo line constants.

2. Rin é raio interno em cm (alma de aço se houver, senão o valor é 0) e Rout é o raio externo em cm.
3. Resis é a resistência CC de cada cabo, corrigida pela temperatura
4. Horiz é a posição horizontal dos cabos em m, sendo indicado considerar como o o eixo da torre
5. Vtower é a altura do cabo na torre em m

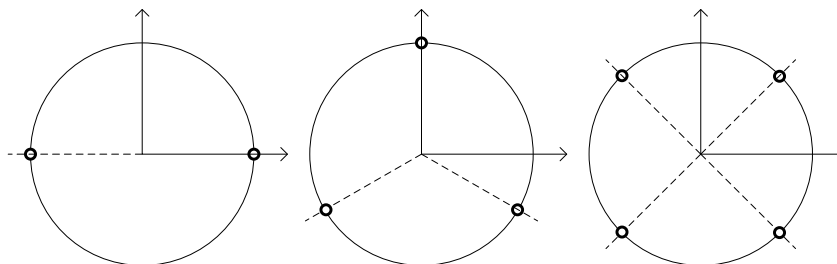
6. V_{mid} é a altura do cabo no meio do vão em m, sendo a flecha = $V_{tower} - V_{mid}$
7. Separ é o espaçamento do bundle em cm, para cabo único o valor deve ser 0
8. Alpha é o ângulo do 1º cabo do bundle, para cabo único o valor deve ser 0

Para bundle de 2 cabos na horizontal, usar 0 ou 180°

Para bundle de 2 cabos na vertical, usar 90 ou 270°

Para bundle de 3 cabos formando um triângulo com base na horizontal, usar 90, 210 ou 330°

Para bundle de 4 cabos com lados na horizontal e vertical, usar 45, 135, 225 ou 315°



Para um caso de 6 cabos por fase ALPHA seria 30°.

9. NB é o número de condutores por fase no bundle

Para calcular os parâmetros pode ser usado o botão Run ATP da tela de dados (Line/Cable Data).

Após clicar nesse botão o Atpdraw gera os arquivos:

1. LT138.dat

Que é o arquivo texto de entrada do ATP para execução da rotina Line Constants e contém os dados informados e tem o seguinte conteúdo, não é necessário utilizar arquivo, ele apenas é usado pelo Line Constants do ATP, que é executado automaticamente com Run ATP:

```
BEGIN NEW DATA CASE
LINE CONSTANTS
$ERASE
$UNITS,      60.,      0.0
BRANCH  IN__AOUT__AIN__BOUT__BIN__COUT__C
METRIC
  10.316 0.19682 4          1.829    -3.    21.8    14.07    40.    0.0    2
  20.316 0.19682 4          1.829     3.    19.9    12.17    40.    0.0    2
  30.316 0.19682 4          1.829    -3.    18.    10.27    40.    0.0    2
  00.201 0.44005 4          1.35     0.0    26.8    19.84    0.0    0.0    0
BLANK CARD ENDING CONDUCTOR CARDS
  1.E3      60.          000011 011000 1      1.      0      44
$PUNCH
BLANK CARD ENDING FREQUENCY CARDS
BLANK CARD ENDING LINE CONSTANT
BEGIN NEW DATA CASE
BLANK CARD
```

2. LT138.lis

É o arquivo de saída do Line Constants e contém as matrizes Z e Y (modelo PI), em componentes de fase e simétricas e os parâmetros sequenciais por km, esse é o único arquivo gerado que é necessário utilizar.

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of equivalent phase conductors.

Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```
1 1.061438E-08
2 -1.729647E-09 1.014106E-08
3 -2.845275E-09 -1.686610E-09 1.071651E-08
```

Para calcular as componentes simétricas:

$$cp = (1.061438E-08 + 1.014106E-08 + 1.071651E-08) / 3$$

$$cm = (-1.729647E-09 - 2.845275E-09 - 1.686610E-09) / 3$$

$$c1 = cp - cm$$

$$c0 = cp + 2 * cm$$

$$y1 = c1 * 2 * \pi * 60$$

$$y0 = c0 * 2 * \pi * 60$$

$$cp = 1.0491e-08$$

$$cm = -2.0872e-09$$

$$c1 = 1.2578e-08$$

$$c0 = 6.3163e-09$$

$$y0 = 2.3812e-06$$

$$y1 = 4.7417e-06$$

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```
0 6.316295E-09 capacitância de sequência zero em F/km
0.000000E+00

1 -1.384183E-10 4.624331E-10
1.559372E-10 8.102247E-10

2 -1.384183E-10 1.257783E-08 4.624331E-10 capacitância de sequência zero em F/km
-1.559372E-10 -2.637693E-25 -8.102247E-10
```


Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of equivalent phase conductors.

Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  1.983836E-01      parte real
   6.263555E-01      parte imaginária

2  9.724725E-02  1.934366E-01
   2.759999E-01  6.404044E-01

3  9.515072E-02  9.283801E-02  1.895222E-01
   3.197065E-01  2.886354E-01  6.517097E-01
Both "R" and "X" are in Ohms; "C" are in microFarads.
```

Para calcular as componentes simétricas:

$$z_p = (1.983836E-01 + 1j \cdot 6.263555E-01 + 1.934366E-01 + 1j \cdot 6.404044E-01 + 1.895222E-01 + 1j \cdot 6.517097E-01) / 3$$

$$z_m = (9.724725E-02 + 1j \cdot 2.759999E-01 + 9.515072E-02 + 1j \cdot 3.197065E-01 + 9.283801E-02 + 1j \cdot 2.886354E-01) / 3$$

$$z_1 = z_p - z_m$$

$$z_0 = z_p + 2 \cdot z_m$$

$$z_p = 0.19378 + 0.63949i$$

$$z_m = 0.095079 + 0.29478i$$

$$z_1 = 0.098702 + 0.34471i$$

$$z_0 = 0.38394 + 1.2291i$$

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  3.839381E-01  resistência de sequência zero em Ohm/km
   1.229051E+00  reatância de sequência zero em Ohm/km

1  1.930227E-02  2.203116E-02
   -1.759368E-03 -1.263197E-02

2  -1.245886E-02  9.870214E-02 -2.190970E-02  resistência sequência positiva em Ohm/km
   -5.229806E-03  3.447093E-01 -1.279284E-02  reatância de sequência positiva em Ohm/km
```

Sequence	Surge impedance		velocity	Resistance	Reactance	Susceptance
	magnitude(Ohm)	angle(degr.)	km/sec	Ohm/km	Ohm/km	mho/km
Zero :	7.35356E+02	-8.67403E+00	2.17789E+05	3.83938E-01	1.22905E+00	2.38119E-06
Positive:	2.74988E+02	-7.98912E+00	2.91955E+05	9.87021E-02	3.44709E-01	4.74173E-06

3. LT138.lib

É modelo PI da linha, para 1 km, conforme os dados de entrada que o Atpdraw usa para chamar o modelo da linha. Esse arquivo não é importante no momento e não é necessário abri-lo:

```
KARD  5  5  6  6  8  8
KARG  1  4  2  5  3  6
KBEG  3  9  3  9  3  9
KEND  8 14  8 14  8 14
KTEX  1  1  1  1  1  1
/BRANCH
$UNITS, 60., 0.0
$VINTAGE, 1
$UNITS, 60., 0.0,
  1IN__AOUT__A      1.98383555E-01  6.26355455E-01  1.06143806E-02
  2IN__BOUT__B      9.72472498E-02  2.75999898E-01 -1.72964725E-03
                    1.93436633E-01  6.40404375E-01  1.01410615E-02
  3IN__COUT__C      9.51507157E-02  3.19706460E-01 -2.84527485E-03
                    9.28380088E-02  2.88635361E-01 -1.68660961E-03
                    1.89522192E-01  6.51709692E-01  1.07165068E-02
$VINTAGE, -1,
$UNITS, -1., -1., { Restore values that existed b4 preceding $UNITS
$UNITS, -1., -1.
$EOF
ARG, IN__A, IN__B, IN__C, OUT__A, OUT__B, OUT__C
```

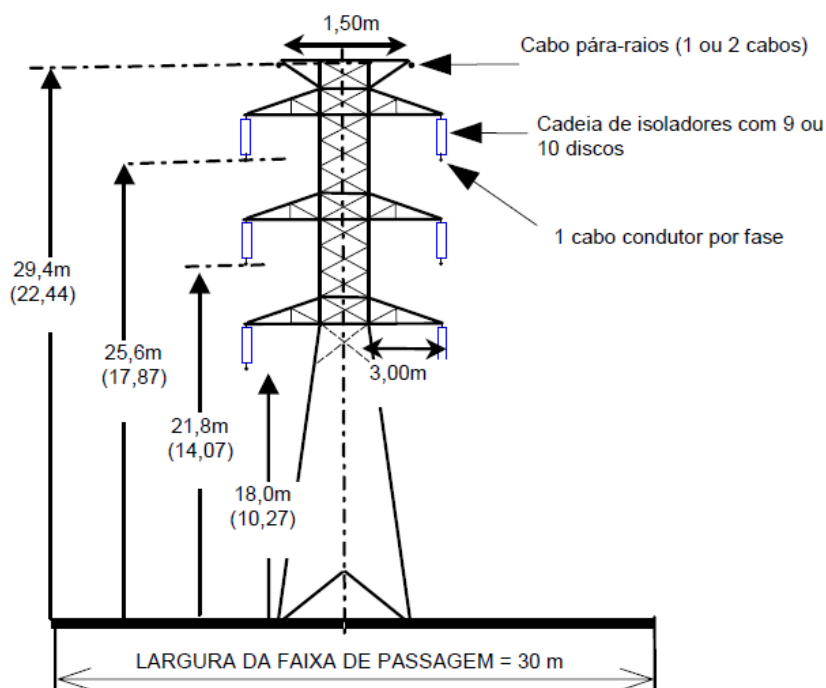
4. LT138.pch

É modelo PI da linha, para 1 km, conforme os dados de entrada, para uso no caso de quem simula o ATP sem o Atpdraw. Esse arquivo não é importante no momento e não é necessário abri-lo:

```
C <++++++> Cards punched by support routine on 29-Mar-20 20:46:34 <++++++>
C LINE CONSTANTS
C $ERASE
$UNITS, 60., 0.0
C BRANCH IN__AOUT__AIN__BOUT__BIN__COUT__C
C METRIC
C 10.316 0.19682 4      1.829 -3. 21.8 14.07 40. 0.0
C 20.316 0.19682 4      1.829 3. 19.9 12.17 40. 0.0
C 30.316 0.19682 4      1.829 -3. 18. 10.27 40. 0.0
C 00.201 0.44005 4      1.35 0.0 26.8 19.84 0.0 0.0
C BLANK CARD ENDING CONDUCTOR CARDS
C 1.E3 60. 000011 011000 1 1. 0 44
$VINTAGE, 1
$UNITS, 60., 0.0,
  1IN__AOUT__A      1.98383555E-01  6.26355455E-01  1.06143806E-02
  2IN__BOUT__B      9.72472498E-02  2.75999898E-01 -1.72964725E-03
                    1.93436633E-01  6.40404375E-01  1.01410615E-02
  3IN__COUT__C      9.51507157E-02  3.19706460E-01 -2.84527485E-03
                    9.28380088E-02  2.88635361E-01 -1.68660961E-03
                    1.89522192E-01  6.51709692E-01  1.07165068E-02
$VINTAGE, -1,
$UNITS, -1., -1., { Restore values that existed b4 preceding $UNITS
$UNITS, -1., -1.
```

4. Exemplo ATP completo circuito duplo 138 kV

Calcular os parâmetros da linha 138 kV com a seguinte geometria:



Com os mesmos cabos e temperaturas do exemplo 3, mas com somente um condutor por fase.

O arquivo é LT138dup_param.acp

O arquivo Line Constants agora é LD138 (D de circuito duplo), o AtpDraw só permite nesse campo nome com 5 letras.

O campo #Ph deve ser 6.

Line/Cable Data: LT138

Model | **Data** | **Nodes**

System type
Name: LD138 ☐ Template
Overhead Line ☐ Transposed ☒ Auto bundling ☒ Skin effect ☐ Segmented ground ☐ Real transf. matrix
#Ph: 6
Units: ☒ Metric ☐ English

Standard data
Rho [ohm*m] 1000
Freq. init [Hz] 60
Length [km] 1
☐ Set length in icon

Model
Type
☐ Bergeron
☒ PI
☐ JMarti
☐ Semlyen
☐ Noda

Data
☒ Printed output ☐ [C] print out
Output Z
☐ [Z] ☐ [Z]-1
☒ [Ze] ☐ [Ze]-1
☒ [Zs] ☐ [Zs]-1
Output C
☐ [C]-1 ☐ [C]
☐ [Ce]-1 ☒ [Ce]
☐ [Cs]-1 ☒ [Cs]

Comment: Order: 0 Label: ☐ Hide

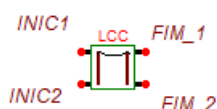
OK Cancel Import Export Run ATP View Verify Edit defin. Help

Para criar mais linhas de dados usar Add row

Para trocar linhas de posição pode-se usar as setas para cima e para baixo.

Model Data Nodes										
#	Ph.no	Rin	Rout	Resis	Horiz	Vtower	Vmid	Separ	Alpha	NB
		[cm]	[cm]	[ohm/km DC]	[m]	[m]	[m]	[cm]	[deg]	
1	1	0.337	0.9145	0.19682	-3	25.6	17.87	0	0	0
2	2	0.337	0.9145	0.19682	-3	21.8	14.07	0	0	0
3	3	0.337	0.9145	0.19682	-3	18	10.27	0	0	0
4	4	0.337	0.9145	0.19682	3	25.6	17.87	0	0	0
5	5	0.337	0.9145	0.19682	3	21.8	14.07	0	0	0
6	6	0.337	0.9145	0.19682	3	18	10.27	0	0	0
7	0	0.4035	0.675	0.4405	-0.75	29.4	22.4	0	0	0
8	0	0.4035	0.675	0.4405	75	29.4	22.4	0	0	0

Após o preenchimento dos dados o ícone da linha muda para:



Foi feita a nomeação dos nós:

Node data

IN1: INIC1 Sequence ABC

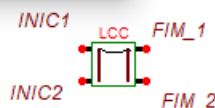
☒ UserNamed

☒ Name on screen

☐ Short circuit

☐ Ground

OK Help



Para a opção Bergeron com linha transposta, usando-se Verify obteve-se os parâmetros:

Short circuit impedances and open circuit line charging						
Circuit	R0 [ohm]	X0 [ohm]	R+ [ohm]	X+ [ohm]	Q0 [MVA]	Q+ [MVA]
1	0.4505	1.281	0.1975	0.5045	0.0376	0.06254
2	0.4505	1.281	0.1975	0.5045	0.0376	0.06254

Zero sequence transfer impedance		
Circuit	R00 [ohm]	X00 [ohm]
1-2	0.2529	0.7766

Calculated at frequency [Hz]: 60
Reference line voltage [kV]: 138

Report OK Help

A partir do arquivo LTD138.lis, trocando-se o modelo para PI, já que para Bergeron o arquivo .lis não apresenta as matrizes e parâmetros sequenciais, tem-se as seguintes matrizes e parâmetros.

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  5.640896E-09
   0.000000E+00

1  9.339840E-11 -2.941736E-10
   -1.845052E-10 -5.187884E-10

2  9.339840E-11  9.019939E-09 -2.941736E-10
   1.845052E-10  4.143094E-26  5.187884E-10

0 -1.874837E-09  7.237739E-12  7.237739E-12  5.596604E-09
   0.000000E+00 -3.759151E-11  3.759151E-11  0.000000E+00

1  2.521166E-12 -9.920358E-11 -2.980810E-10  7.171697E-11 -3.037932E-10
   -3.742681E-11 -1.761034E-10  5.500470E-13 -1.889422E-10 -5.231520E-10

2  2.521166E-12 -2.980810E-10 -9.920358E-11  7.171697E-11  9.009434E-09 -3.037932E-10
   3.742681E-11 -5.500470E-13  1.761034E-10  1.889422E-10  1.991236E-25  5.231520E-10

```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for symmetrical components of the equivalent phase conductor

Rows proceed in the sequence (0, 1, 2), (0, 1, 2), etc.; columns proceed in the sequence (0, 2, 1), (0, 2, 1), etc.

```

0  4.523354E-01
   1.314793E+00

1 -3.268247E-04 -2.905207E-02
   -2.471530E-02  1.713236E-02

2  1.353346E-02  1.976972E-01  2.982016E-02
   -3.040791E-02  4.858089E-01  1.631760E-02

0  2.531111E-01  7.649162E-03  5.128873E-03  4.483066E-01  mútua de sequência zero
   7.394457E-01 -1.964304E-02 -2.515189E-02  1.321642E+00

1  6.286236E-03 -1.253061E-02  5.052787E-04 -2.369706E-03 -2.934746E-02
   -1.712996E-02  7.576630E-03  1.965764E-02 -2.173689E-02  1.726567E-02

2  4.792207E-03  4.483618E-04  1.316193E-02  1.308945E-02  1.975438E-01  2.986513E-02
   -2.234903E-02  1.962638E-02  6.861265E-03 -2.678812E-02  4.860870E-01  1.663875E-02

```

Sequence	Surge impedance		velocity	Resistance	Reactance	Susceptance
	magnitude(Ohm)	angle(degr.)	km/sec	Ohm/km	Ohm/km	mho/km
Zero :	8.08602E+02	-9.49251E+00	2.22282E+05	4.52335E-01	1.31479E+00	2.12657E-06
Positive:	3.92738E+02	-1.10718E+01	2.87642E+05	1.97697E-01	4.85809E-01	3.40044E-06

Para a obtenção dos parâmetros sequenciais c_1, c_0 e z_1, z_0 , o procedimento é o mesmo do exemplo 3, mas deve-se usar o bloco marcado em **negrito** das matrizes C e Z:

Capacitance matrix, in units of [farads/kmeter] for the system of equivalent phase conductors.

Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  7.822007E-09

2  -1.403204E-09  8.015858E-09

3  -5.911101E-10 -1.384729E-09 7.842909E-09

4  -8.832962E-10 -6.169438E-10 -3.695550E-10  7.764918E-09

5  -6.114970E-10 -7.354900E-10 -5.951966E-10 -1.423568E-09  8.009147E-09

6  -3.655686E-10 -5.947517E-10 -8.522130E-10 -6.013119E-10 -1.387950E-09  7.841407E-09

```

Impedance matrix, in units of Ohms/kmeter for the system of equivalent phase conductors.

Rows and columns proceed in the same order as the sorted input.

```

1  2.916370E-01
   7.365382E-01

2  8.883103E-02 2.810978E-01
   2.825620E-01 7.659437E-01

3  8.507399E-02 8.073323E-02 2.749949E-01
   2.405699E-01 3.058525E-01 7.839291E-01

4  9.285084E-02  8.745709E-02  8.388158E-02  2.884505E-01
   2.362979E-01  2.385401E-01  2.251287E-01  7.435568E-01

5  8.824128E-02  8.349731E-02  8.035310E-02  8.692711E-02  2.802072E-01
   2.361455E-01  2.626403E-01  2.591055E-01  2.863359E-01  7.669617E-01

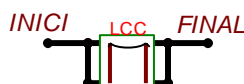
6  8.479698E-02  8.053845E-02  7.771655E-02  8.364882E-02  8.018693E-02  2.747365E-01
   2.222074E-01  2.584802E-01  2.797915E-01  2.432242E-01  3.059948E-01  7.832974E-01

```

Para o cálculo da mútua de sequência zero, o cálculo é o mesmo de z_0 , mas usando os valores indicados com fundo cinza acima.

Novamente verifica-se que os parâmetros obtidos no .lis são próximos mas diferentes que os obtidos com Verify.

Considerando-se uma simulação com os 2 circuitos em paralelo, com modelo Bergeron (parâmetros distribuídos), com comprimento de 150 km, deve-se unir os dois terminais do início e os 2 terminais do final da linha, além de alterar o comprimento:

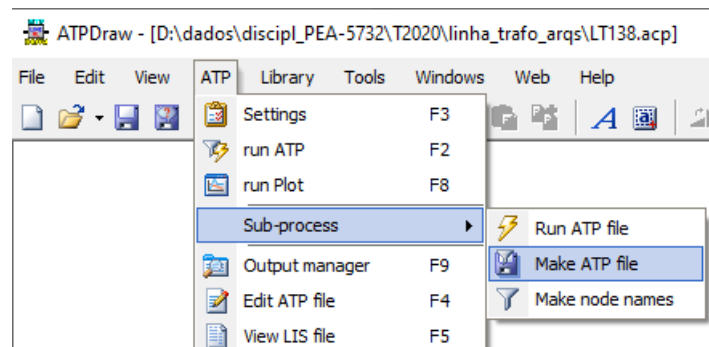


O arquivo LD138.lib gerado é o seguinte:

```
KARD 3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 8 8
KARG 1 7 2 8 3 9 4 10 5 11 6 12
KBEG 3 9 3 9 3 9 3 9 3 9 3 9
KEND 8 14 8 14 8 14 8 14 8 14 8 14
KTEX 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
/BRANCH
$VINTAGE, 1
-1IN__AOUT__A 7.03432E-01 1.20742E+03 2.21215E+05 1.50000E+02 1
-2IN__BOUT__B 1.97538E-01 3.91967E+02 2.92893E+05 1.50000E+02 1
-3IN__COUT__C
-4IN__DOUT__D
-5IN__EOUT__E
-6IN__FOUT__F
$VINTAGE, -1,
$EOF
ARG, IN__A, IN__B, IN__C, IN__D, IN__E, IN__F, OUT__A, OUT__B, OUT__C
ARG, OUT__D, OUT__E, OUT__F
```

Esse modelo não contém as mútuas de sequência zero, que são consideradas apenas com o modelo Bergeron não transposto (Transposed “desclicado”).

Caso a rede tivesse outros componentes e fosse usada para simular transitórios, deveria se executar também:



Esse comando gera o arquivo de simulação de transitórios LT138dup_param.atp que nesse caso não tem fonte nem outros componentes, somente a linha.

O arquivo LT138dup_param.atp é o seguinte:

```
BEGIN NEW DATA CASE
C -----
C Generated by ATPDRAW março, segunda-feira 30, 2020
C A Bonneville Power Administration program
C by H. K. Høidalen at SEFAS/NTNU - NORWAY 1994-2009
C -----
$DUMMY, XYZ000
C dT >< Tmax >< Xopt >< Copt ><Epsiln>
C 1.E-6 .001 1.E-8
C 500 1 1 1 1 0 0 1 0
C 1 2 3 4 5 6 7 8
C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
/BRANCH
C < n1 >< n2 ><ref1><ref2>< R >< L >< C >
C < n1 >< n2 ><ref1><ref2>< R >< A >< B ><Leng><><>0
$INCLUDE, D:\dados\discipl_PEA-5732\T2020\linha_trafo_arqs\LD138.lib, INICIA $$
, INICIB, INICIC, INICIA, INICIB, INICIC, FINALA, FINALB, FINALC, FINALA $$
, FINALB, FINALC
/OUTPUT
BLANK BRANCH
BLANK SWITCH
BLANK SOURCE
BLANK OUTPUT
BLANK PLOT
BEGIN NEW DATA CASE
BLANK
```


5. Exemplo Anarede circuito duplo 138 kV

Modelar no Anarede a linha do exemplo 4, considerando comprimento de 150 km, sem e com correções hiperbólicas.

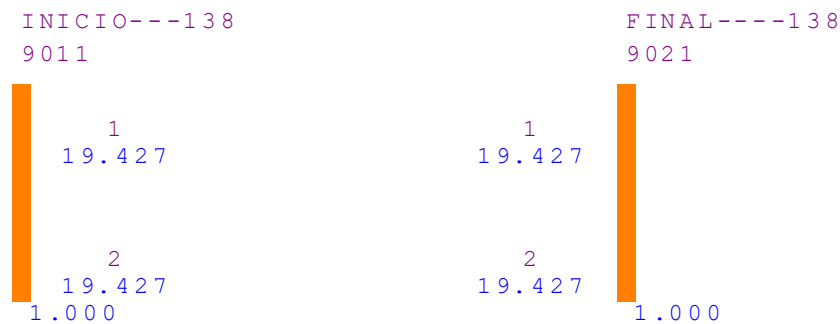
A seguir os resultados dos cálculos com Matlab:

```
mvaN =
    141.98
mvaE =
    170.42

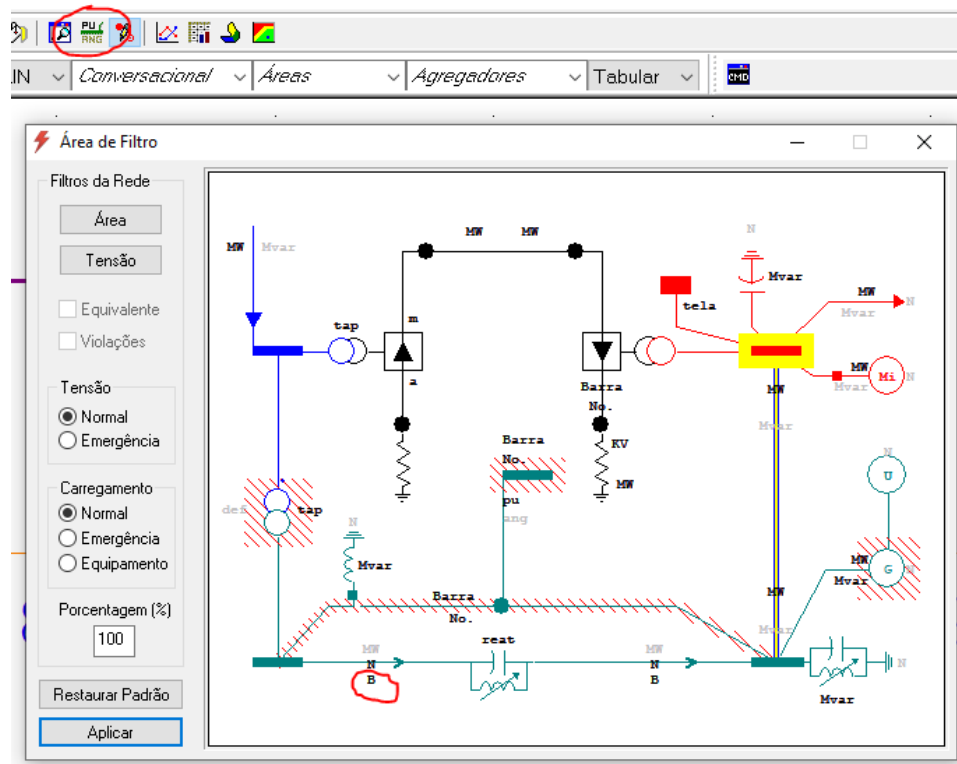
pi nominal
Parâmetros em % e MVar
z1pc =    15.572 +    38.265i
mvar1 =    19.427

pi corrigido
z1pc =    15.379 +    38.067i
mvar1 =    19.488
```

A seguir a modelagem no Anarede para pi corrigido:



Modo B no filtro



INICIO---138	FINAL----
9011	9021
15.379/38.067	15.379/38.067
1	1
15.379/38.067	15.379/38.067
2	2
1.000	1.000

Modo R e X no filtro

Tela de dados

Após salvar o caso, o arquivo LD138_fluxo.pwf tem o seguinte conteúdo:

```
TITU
LD138.LIS LT 138 KV CIRC DUPLO 150 KM PI CORRIGIDO
DBAR
(Num)OETGb( nome )Gl( V)( A)( Pg)( Qg)( Qn)( Qm)( Bc )( P1)( Q1)(
Sh)Are(Vf)M(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10
9011 L GINICIO---138 51000 0. 81000
9021 L GFINAL----138 51000 0. 81000
99999
DLIN
(De )d O d(Pa )NcEP ( R% )( X% )(Mvar)(Tap)(Tmn)(Tmx)(Phs)(Bc
)(Cn)(Ce)Ns(Cq)(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10
9011 9021 1 15.37938.06719.488 142.170. 142.
9011 9021 2 15.37938.06719.488 142.170. 142.
99999
DGLT
(G (Vmn) (Vmx) (Vmne (Vmxe
5 .95 1.05 .9 1.05
99999
DARE
(Ar (Xchg) ( Identificacao da area ) (Xmin) (Xmax)
8 0. * Minha concessionária * 0. 3000.
99999
DGBT
(G ( kV)
G 138.
99999
FIM
```

6. Exemplo Anafas circuito duplo 138 kV

Modelar no Anafas a linha do exemplo 4, considerando comprimento de 150 km, sem e com correções hiperbólicas.

A seguir os resultados dos cálculos com Matlab:

```
mvaN =
    141.98
mvaE =
    170.42

pi nominal
Parâmetros em % e MVar
z1pc =    15.572 +    38.265i
mvar1 =     19.427
z0pc =    35.628 +   103.56i
mvar0 =     12.15
z0mpc =    19.936 +    58.242i

pi corrigido
z1pc =    15.379 +    38.067i
mvar1 =     19.488
z0pc =    34.884 +    102.6i
mvar0 =     12.214
```

A seguir a modelagem no Anafas para pi corrigido:

INICIO---138		FINAL----138	
9011		9021	
15.38/38.07	15.38/38.07		
1	1		
34.88/102.61	34.88/102.61		
15.38/38.07	15.38/38.07		
2	2		
34.88/102.61	34.88/102.61		

Modo R/X no filtro

Dados de Linha de Transmissão

Identificação

Barra De:

9011

Barra Para:

9021

Número do Circuito:

1

Nome:

Nome:

INICIO---138

Nome:

FINAL----138

Área:

1

Comprimento (km):

150

Ligado

☒

Sequência Positiva

Resistência (R1 %):

15.379

Reatância (X1 %):

38.067

Susceptância (S1 Mvar):

0

Sequência Zero

Resistência (R0 %):

34.884

Reatância (X0 %):

102.6

Susceptância (S0 Mvar):


0

Capacidade de Interrupção (kA)

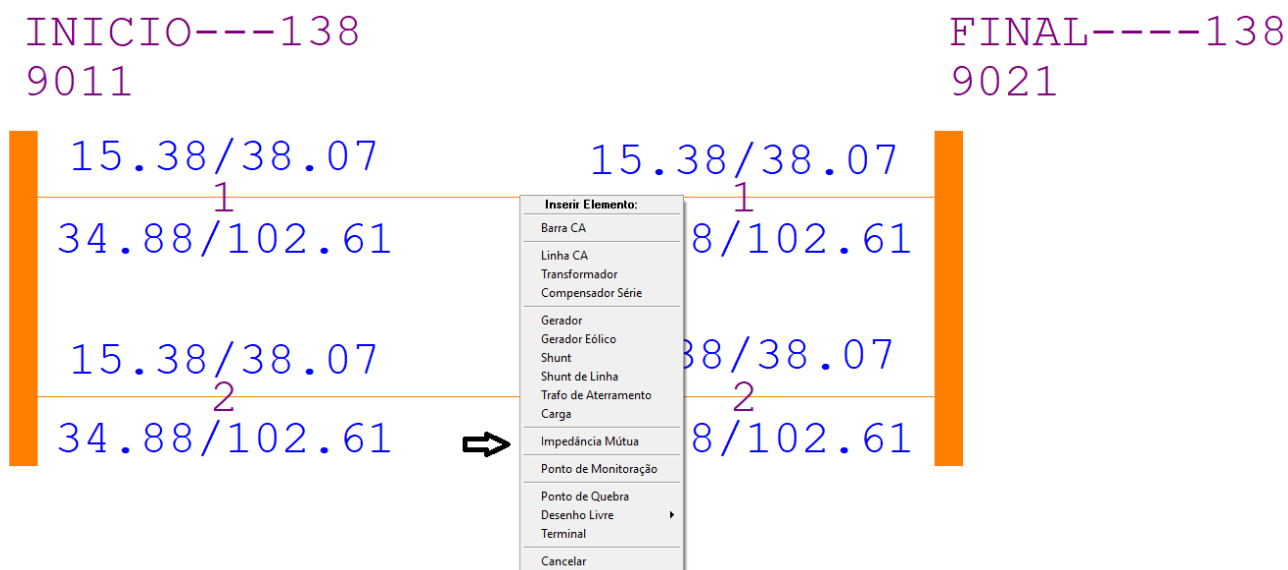
Terminal De:

Terminal Para:

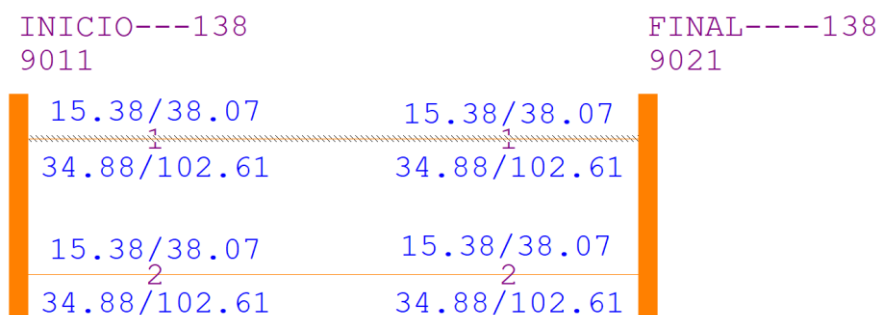
Tela de dados

Para inserir a mútua, ir para o modo inserir/desenhar elemento F3 :

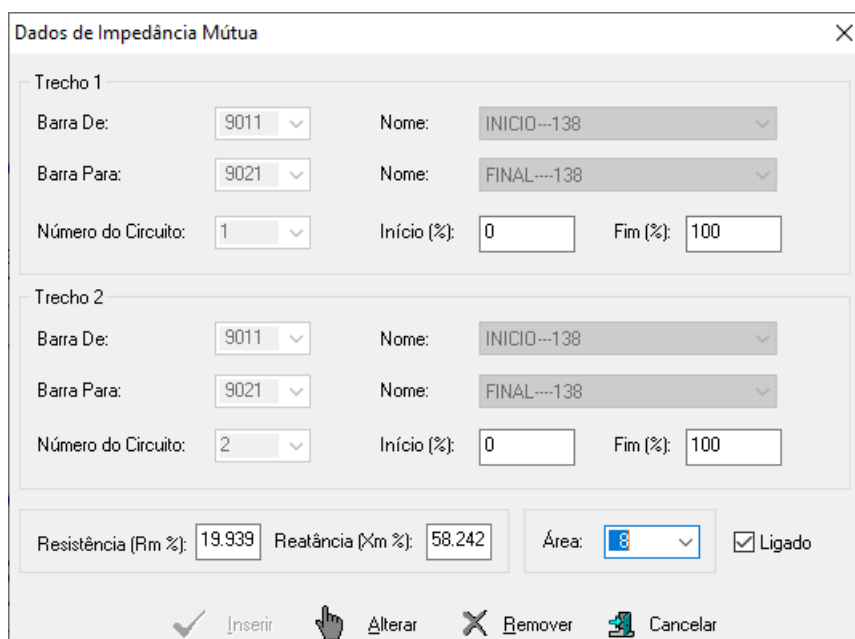
Depois clicar com botão direito em algum lugar qualquer na área de desenho e escolher impedância mútua:



Em seguida clica na primeira linha:



Depois clica na segunda:



Dialog box titled "Dados de Impedância Mútua" showing configuration for two segments (Trecho 1 and Trecho 2).

Trecho 1:

- Barra De: 9011
- Barra Para: 9021
- Nome: INICIO---138
- Nome: FINAL----138
- Número do Circuito: 1
- Início (%): 0
- Fim (%): 100

Trecho 2:

- Barra De: 9011
- Barra Para: 9021
- Nome: INICIO---138
- Nome: FINAL----138
- Número do Circuito: 2
- Início (%): 0
- Fim (%): 100

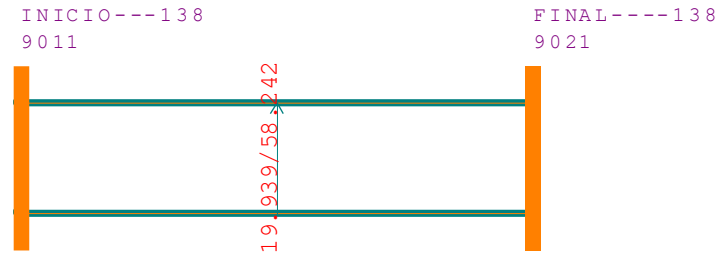
Global Settings:

- Resistência (Rm %): 19.939
- Reatância (Xm %): 58.242
- Área: 8
- ☒ Ligado

Buttons: Inserir, Alterar, Remover, Cancelar

Para preencher os valores.

Clicando-se em Exibir>Linhas com mútuas, a visualização muda para:



Visualização de mútuas

Após salvar o caso, o arquivo LD138_curto.ana tem-se o seguinte conteúdo:

```
TIPO
P
DBAR
(NB CEM BN VBAS DISJUN DDMMAAAADDMMAAAA IA SA F
(-----
9011 INICIO---138 138 20 8
9021 FINAL---138 138 20 8
99999
DCIR
(BF CE BT NCT R1 X1 R0 X0 CN TB TCIA DEF KM
(-----
9011 9021 1L15.37938.06734.884 10260 1 150
9011 9021 2L15.37938.06734.884 10260 1 150
99999
DMUT
(BF1 CE BT1 N1 BF2 BT2 N2 RM XM %I1 %F1 %I2 %F2 IA SA
(-----
9011 9021 1 9011 9021 219.93958.242 8
99999
DARE
(NN C NOME
(-- =
8 MINHA CONCESSIONÁRIA
1 Área oriunda de algum bloco de dados
99999
```

Observe que X0 está sem o ponto e que as capacitâncias da linha sumiram, abaixo como deveria ter sido salvo:

```
DCIR
(BF CE BT NCT R1 X1 R0 X0 CN S1 S0 TAP TB TCIA DEF KM
(-----
9011 9021 1L15.37938.06734.884102.60 19.48812.214 1 150.
9011 9021 2L15.37938.06734.884102.60 19.48812.214 1 150.
99999
```