

Paulo Henrique Rodrigues de Matos e João Pedro Samarino

Relatório do Trabalho Computacional III

24/11/2015

List of Figures

Figure 1 – Condição inicial da simulação	6
Figure 2 – Valores no primário do trafo	7
Figure 3 – Valores no secundário do trafo	7
Figure 4 – Gráfico Frequência \times Perda	9
Figure 5 – Gráfico $ B \times$ Frequência	10
Figure 6 – $w \times$ Frequência	11
Figure 7 – Perda \times Condutividade	12
Figure 8 – $B \times$ Condutividade	12
Figure 9 – $W \times$ Condutividade	13
Figure 10 – Análise do campo gerado pelo estator. Sendo Fase de $A = 45$ e ligação ACB	16
Figure 11 – Análise do campo gerado pelo estator. Sendo Fase de $A = 45$ e ligação ABC	16
Figure 12 – Campo Bobina	17
Figure 13 – Torque	18
Figure 14 – Motor força máxima	19
Figure 15 – Motor força nula	19
Figure 16 – Simulação Torque nulo	20
Figure 17 – Simulação Torque máximo	20
Figure 18 – Diagrama esquemático de um gerador síncrono, pólos salientes, monofásico, dois pólos	21
Figure 19 – Diagrama esquemático de um gerador síncrono, de pólos salientes, monofásico, quatro pólos	22
Figure 20 – Diagrama esquemático de gerador trifásico - dois polo e um enrolamento por fase	22
Figure 21 – Diagrama esquemático de gerador trifásico - quatro polo e dois enrola- mento por fase	23
Figure 22 – Ligação Y das bobinas	23

List of Tables

Table 1 – Frequência $\times B_x $ - Parte I	31
Table 2 – Frequência $\times B_x $ - Parte II	32
Table 3 – Frequência $\times B_x $ - Parte III	33
Table 4 – Frequência $\times B_x $ - Parte IV	34
Table 5 – Frequência $\times B_y $ - Parte I	35
Table 6 – Frequência $\times B_y $ - Parte II	36
Table 7 – Frequência $\times B_y $ - Parte III	37
Table 8 – Frequência $\times B_y $ - Parte IV	38
Table 9 – Frequência \times Perda - Parte I	39
Table 10 – Frequência \times Perda - Parte II	40
Table 11 – Frequência \times Perda - Parte III	41
Table 12 – Frequência \times Perda - Parte IV	42
Table 13 – Condutividade $\times B_x $	43
Table 14 – Condutividade $\times B_y $	44
Table 15 – Condutividade \times Perda	45
Table 16 – Posição do Rotor \times Perda - Parte I	46
Table 17 – Posição do Rotor \times Perda - Parte II	47
Table 18 – Posição do Rotor \times Perda - Parte III	48
Table 19 – Posição do Rotor \times Perda - Parte IV	49

Contents

1	TRANSFORMADOR	5
1.1	Analítica	5
1.2	Computacional	6
1.2.1	Ponto de operação	6
1.2.2	Estimativa dos parâmetros	7
1.2.3	Perdas no transformador	8
1.2.3.1	Perda por variação de frequência	9
1.2.3.2	Perda por variação de condutividade	11
2	MÁQUINAS ELÉTRICAS TRIFÁSICAS	15
2.1	Movimentação do campo magnético	15
2.2	Força e torque sobre o rotor	17
2.3	Máquinas síncronas	20
	APÊNDICES	25
	APÊNDICE A – SCRIPT EM LUA	27
	APÊNDICE B – TABELAS	31

1 Transformador

1.1 Analítica

No trabalho é apresentado o modelo de um transformador em partes, primeiro o transformador ideal logo em seguida o real com suas imperfeições. Inicialmente no transformador é requerido no item (1.2.5) o calculo das correntes em relação ao numero de espiras de cada lado do transformador, o mesmo pode ser visualizado abaixo.

No transformador ideal temos

$$P_p = P_s$$

$$\alpha = \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$V_p \times I_p = V_s \times I_s \rightarrow \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

logo

$$\alpha = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

Na segunda parte do trabalho o mesmo requer o calculo analítico de R_p e L_m baseadas na geometria do problema. Para fazer esses cálculos assumimos algumas coisa , são elas , um valor médio do campo magnético para calcular a indutância (L_m), também assumimos que a profundidade de penetração nesse caso é desprezível. Temos que lembrar que esses valores calculados servem somente como uma referencia , pois não oferecem nenhuma precisão em relação ao modelo do problema , abaixo podemos ver os valores encontrados:

$$S = l \times c = 0.00143541\text{m}^2$$

$$\lambda = n \cdot \phi$$

$$\phi = \int_S f(x) \, ds$$

Assumimos o \vec{B} normal à superfície

$$\lambda = n \cdot \phi = 1,2274 \times 0,001435 \times 260 = 0,4580$$

$$L_m = \frac{\lambda}{I} = \frac{0,4580}{0,1578} = 2,9158\text{H}$$

A superfície do AWG18 = $8,23 \times 10^{-7} \text{m}^2$ e a resistividade $\rho = 1,72 \times 10^{-8} \text{m}.\Omega$. Em uma volta da bobina temos 0,0824m de fio.

Pela Segunda lei de Ohm temos

$$R_p = \frac{\rho.l}{S} = \frac{1,72 \times 10^{-8} \times 21,424}{8,23 \times 10^{-7}} = 0,44\Omega$$

1.2 Computacional

1.2.1 Ponto de operação

Nessa análise foi feito algumas adições no modelo proposto, foi adicionado às condições de contorno e os valores específicos do problema. Foi colocado no problema condições de dirichlet, pois estamos modelando somente o transformador sem o ambiente externo, os materiais foram adicionados de acordo com a imagem na apresentação do trabalho onde mostrava estas características, os mesmos foram adicionados da biblioteca nativa do FEMM. Na figura ?? podemos ver o modelo já simulado com as condições estabelecidas inicialmente.

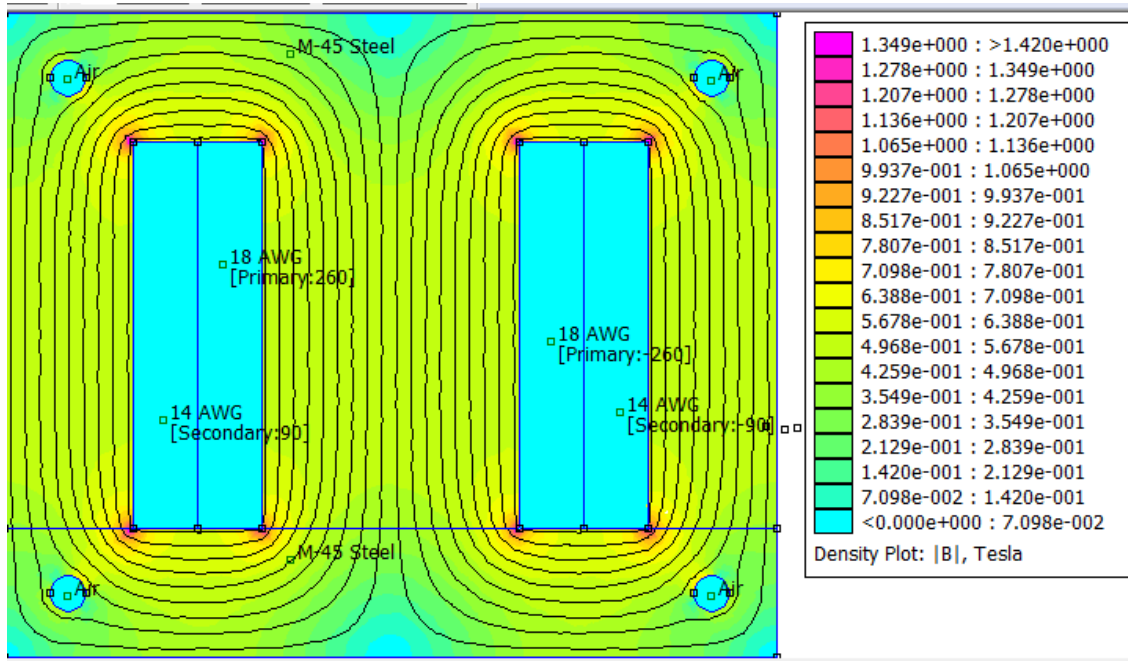


Figure 1 – Condição inicial da simulação

A primeira análise proposta foi em relação ao ponto de operação do problema, se desejava ter na entrada 127Vrms e estudar o transformador em aberto, ou seja, quando a corrente no secundário é (0)A . Para fazer isto modificamos a corrente no primário ate achar a tensão de operação, lembrando que o FEMM trabalha só com corrente como condição inicial e a tensão é resultado da mesma, então para achar a tensão de 127V

no primário, primariamente tivemos que variar a corrente, começamos com o valor de 0,1A e com o valor do resultado calculávamos a tensão RMS resultante. Como o valor de (0,1)A já se obtém uma tensão em torno de 80V, então sabíamos que o valor não era muito distante, então testamos um valor 50% maior 0.15A o que resultou algo em torno de 126V, já esperávamos um valor próximo devido o tipo de circuito do transformador real, depois testamos o valor de 0.16A o que resultou em um pouco maior . Para refinar esse valor utilizamos mais tentativas com passos curtos, por fim obtivemos os valores que estão na figura ??.

```
Total current = 0.1571 Amps
Voltage Drop = 42.3677+I*174.575 Volts
Flux Linkage = 0.463074-I*0.112196 Webers
Flux/Current = 2.94764-I*0.714172 Henries
Voltage/Current = 269.686+I*1111.23 Ohms
Real Power = 3.32798 Watts
Reactive Power = 13.7128 VAR
Apparent Power = 14.1109 VA
```

Figure 2 – Valores no primário do trafo

Temos que nos lembrar de que o valor que o FEMM nos informa é o valor complexo da tensão, então $Tensão\ RMS = \sqrt{42,3677^2 + 174,575^2}/\sqrt{2} = 127,026V$.

Um valor bem próximo do que foi pedido, não achamos necessário se obter o valor exato da corrente, pois o erro nesse caso já era bem pequeno. Com essa especificação de corrente na entrada temos na figura ?? tensão de saída do secundário

```
Total current = 0 Amps
Voltage Drop = 14.6412+I*60.4214 Volts
Flux Linkage = 0.160273-I*0.0388371 Webers
Real Power = 0 Watts
Reactive Power = 0 VAR
Apparent Power = 0 VA
```

Figure 3 – Valores no secundário do trafo

$Tensão\ RMS = \sqrt{14.6412^2 + 60.4214^2}/\sqrt{2} = 43,96V$ Agora comparando com um transformador ideal temos que a tensão esperada fosse: $Tensão\ RMS = 127,026 \times 90/260 = 43,97V$ Isso mostra que a queda de tensão de (R_p) é muito pequena. O desvio para esse caso do transformador para o real é apenas 0,022%.

1.2.2 Estimativa dos parâmetros

A segunda análise proposta foi em relação a estimativa dos parâmetros do transformador e depois os mesmo serão comparados com o valor do analítico calculado na primeira parte deste trabalho, para isso temos que usar a seguinte condições : Para estimar R_c e L_m consideramos que a queda de tensão sobre eles e igual a do primário , logo temos a

seguinte relação :

$$\frac{1}{Z_t} = \frac{1}{Z_r} + \frac{1}{Z_l}$$

E temos que $Z_r = R_c$

Utilizando essas considerações temos que Z_t é o valor informado na figura ?? e tem o valor de: $Z_t = 269,68 + 1111,23j\Omega$. O programa também informa a potencia real que tem o valor de 3,32 W (figura ??), com isso podemos determinar Z_c , pois o mesmo consome toda a energia real do sistema, para esse caso, então:

$$V = R \times I$$

$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow R = \frac{V^2}{P}$$

De forma aproximada temos que:

$$R_c = \frac{127,026^2}{3,32} = 4,85k\Omega$$

logo $Z_l = 1176,7j\Omega$

$$Z_l = \omega jL \rightarrow L_m = 1176.7/60 = 19,6H$$

Para estimar R_p temos que saber a queda sobre o mesmo, para isso podemos usar de maneira aproximada a tensão de saída do secundário que o FEMM nos informa na figura ??, logo podemos através da relação do transformador ideal saber a tensão sobre o primário e determinar assim a queda sobre R_p , essas relações podem ser vistas abaixo: $V_p = 260/90 \times 43,96 = 126,989V$

Então temos que V_{rp} e dado pela diferença entre tensão de entrada e tensão na bobina ideal V_p . $V_{rp} = (127,026 - 126,989) \times \sqrt{2} = 0,0512V$ Logo temos que $R_p = 0,0512/0,1571 = 0,33\Omega$. Podemos reparar que nesse caso usamos só a parte real, ou seja, o ângulo de defasem da tensão e corrente não foi considerado, pois para o calculo de R_p os mesmos são irrelevantes.

Comparando esses valores com a parte analítica podemos notar então que os valores tiveram certa faixa de incerteza, está foi gerada pelas considerações analíticas feitas na geometria. E a aproximação feita no item (1.3.2) é valida, pois os valores de R_p e L_{sp} são muito pequenos, sendo nesse caso uma boa aproximação para o problema em questão.

1.2.3 Perdas no transformador

Nesta ultima analise da primeira parte do trabalho, se deseja mostrar as perdas no transformador em relação à frequência e a condutividade do núcleo, para que pudéssemos obter uma melhor analise utilizamos de script feito em lua que podem ser visto no apêndice ??.

1.2.3.1 Perda por variação de frequência

A primeira análise dessa parte foi em relação à perda por variação de frequência, para isso inicialmente estudamos neste modelo quais os fenômenos estavam relacionados a esta variação, concluímos que quando variamos a frequência devido à superfície de penetração o valor do campo magnético se alterava no interior do transformador, esse fenômeno já era previsto, por isso fomos mais cautelosos ao estudá-lo. Sabendo disso além de coletar pontos de perdas coletamos os valores de B em um ponto médio do transformador para que pudéssemos estudar o fenômeno da perda associado ao fato da variação do campo.

Através dessa amostra (tabelas ?? ?? ?? ??) montamos os seguintes gráficos da perda e do valor de B , os mesmos foram feitos no software R e podem ser na figura ??.

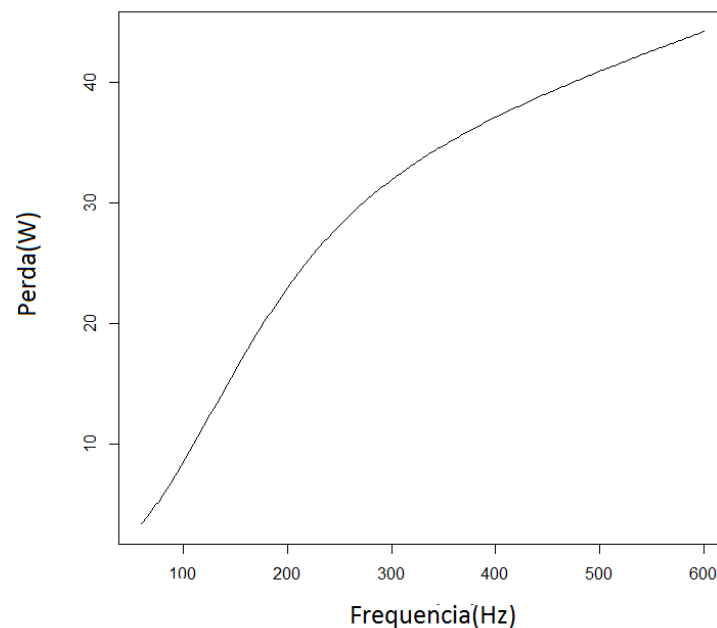


Figure 4 – Gráfico Frequência \times Perda

Através do gráfico representado na figura ?? vemos a curva real de perda do nosso modelo de transformador, reparamos que a mesma tem uma curva característica que parece ser influenciada por outros fatores além da frequência.

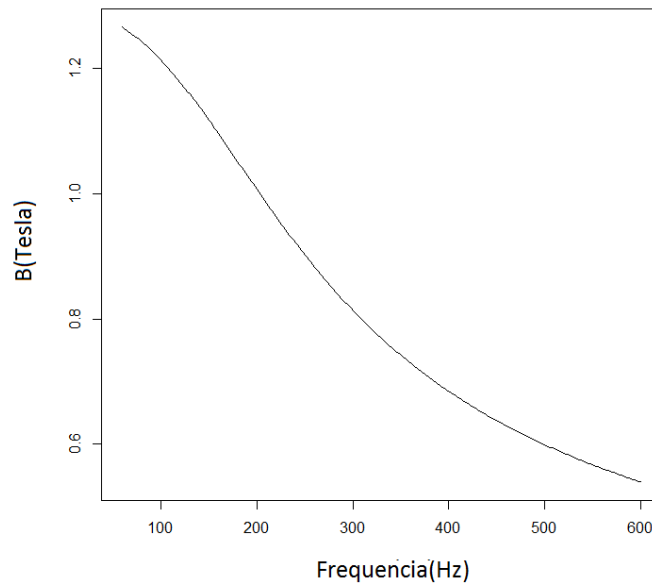
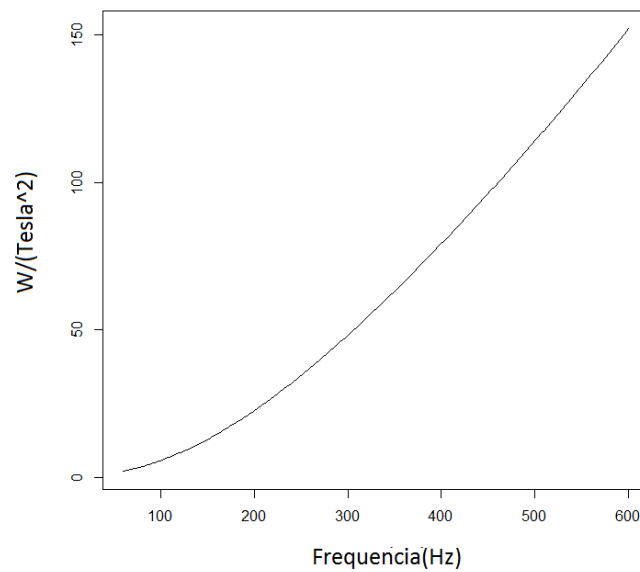


Figure 5 – Gráfico $|B| \times$ Frequência

Como o gráfico descreve o valor B em relação à frequência, a mesma sofre uma queda, isto é resultado da característica do material e profundidade de penetração. Podemos pensar que o gráfico da perda por frequência não resultou em algo esperado porém como a perda nesse modelo são quase em sua totalidade gerada no ferro, a equação que modela o mesmo é:

$$P_f = \frac{1}{24} \sigma \omega^2 e^2 B_{max}^2 \quad (1.1)$$

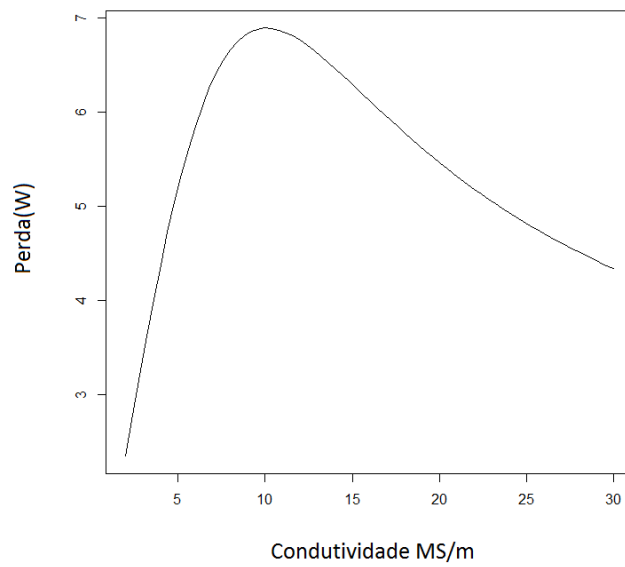
Podemos notar que a perda também é em função de (B^2) então se pode utilizar desse fato para criar um novo gráfico onde o eixo Y será (perda/(campo ao quadrado)), este pode ser visualizado na figura ??

Figure 6 – $w \times \text{Frequência}$

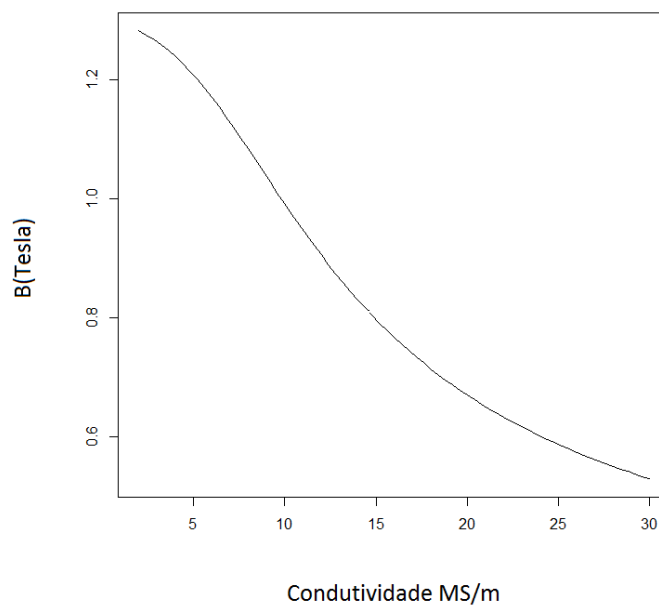
Nesse gráfico se pode notar que a curva é uma quadrática, o resultado saiu como esperado para o modelo que usamos, e podemos dizer que o mesmo pode ser modelado pela a equação ??

1.2.3.2 Perda por variação de condutividade

Para analisarmos a perda em relação à variação da condutividade do núcleo também usamos (Lua), porem utilizamos uma quantidade menor de pontos (71) para modelar, e utilizamos o mesmos pressuposto descrito acima, ou seja, utilizamos medidas de B para uma melhor visualização e entendimento das características do mesmo. Os valores da perdas pode ser visualizado na tabela

Figure 7 – Perda \times Condutividade

No gráfico da figura ?? vemos que existe um pico de perda e depois o gráfico segue uma curva com um decaimento mais suave, a condutividade nesse caso como a geometria pode afetar em muitos aspectos o comportamento do sistema e de outras variáveis, como é o caso de B que pode ser visto no gráfico da figura ??

Figure 8 – B \times Condutividade

Podemos ver o comportamento de B com a condutividade do metal e percebemos

que com o seu aumento o campo em um ponto central decai. Podemos ver que a relação da condutividade na equação ?? é linear em relação a perda, porém para visualizar este fato temos então que utilizar dos artifícios que usamos anteriormente, e plotar o novo eixo em $(\text{perda}/(\text{campo ao quadrado}))$, na figura ?? podemos ver o gráfico

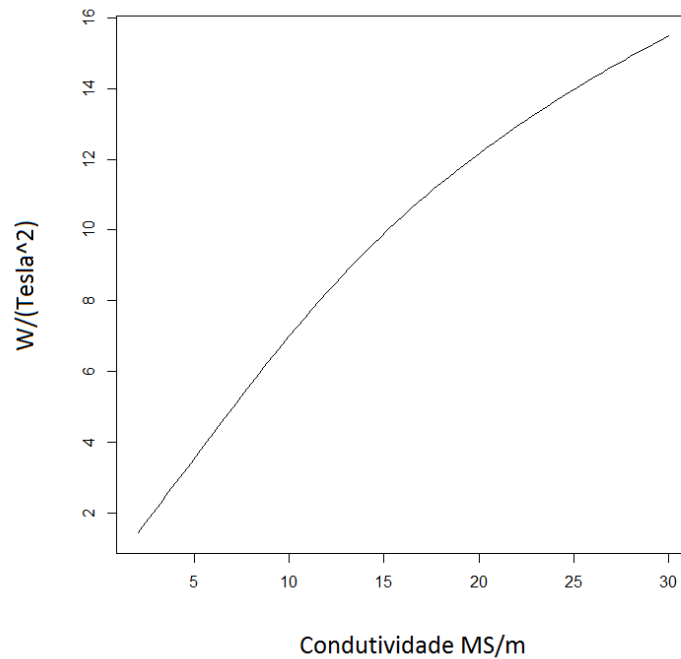


Figure 9 – $W \times$ Condutividade

A curva plotada sofre certa variação de derivada depois de 20MS/m talvez isto esteja relacionada ao fato de que utilizamos um ponto médio para medir a tendência de B ou possa ser algo em torno do ponto de operação do ferro utilizado ou outro fenômeno que não conseguimos identificar e esteja correlacionado, de qualquer forma, vemos que não sofre alterações bruscas e se aproxima de uma reta, mostrando assim que a análise de B nesse caso é de extrema importância, como mostra a equação acima.

2 Máquinas elétricas trifásicas

2.1 Movimentação do campo magnético

Para esta análise, primeiro se deve lembrar que o campo magnético depende das correntes das bobinas do estator, as mesmas variam com o tempo de acordo com as seguintes equações.

$$I_a = 2 \times \cos(\omega t) \quad (2.1)$$

$$I_b = 2 \times \cos(\omega t + 120) \quad (2.2)$$

$$I_c = 2 \times \cos(\omega t + 240) \quad (2.3)$$

Encontramos essas equações usando como base os valores iniciais do arquivo motor.femm

$$I_a = 2 = 2\angle 0 \quad (2.4)$$

$$I_b = -1 + 1.732i = 2\angle 120 \quad (2.5)$$

$$I_c = -1 - 1.732i = 2\angle 240 \quad (2.6)$$

Com base nisso podemos concluir que o motor está ligado na sequência A-C-B.

Isso faz com que apareça um campo girante, pois as mesmas, como podemos ver seguem um regime senoidal no tempo, o que faz com que o campo não seja estático e sempre esteja girando, podemos ver melhor esse efeito através do vídeo produzido unicamente para este trabalho, o mesmo pode ser acessado por esse [link](#)

No vídeo fica claro, que quando colocamos as correntes para variar de maneira senoidal o campo gira em função das fases utilizadas, no caso utilizamos a sequência (A-C-B), mudando a sequência poderíamos fazer com que o campo girasse inversamente ao sentido do apresentado no vídeo, o mesmo efeito seria alcançado se a defasagem fosse inversa, ou seja -120 graus. As imagens ?? ?? exemplificam esse fato.

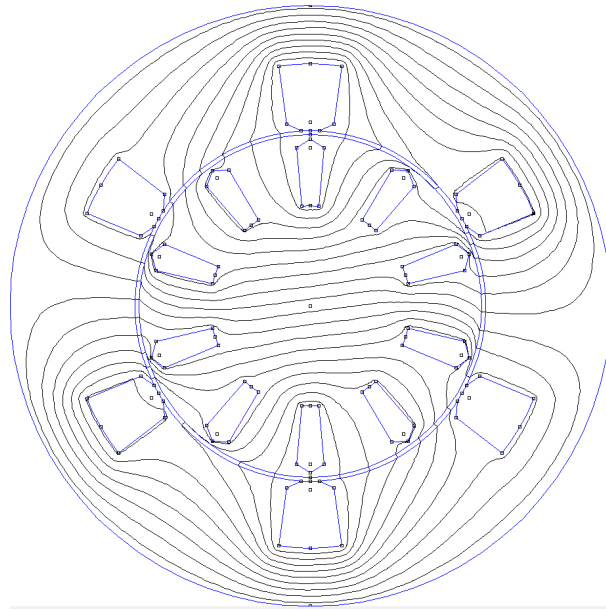


Figure 10 – Analise do campo gerado pelo estator. Sendo Fase de $A = 45$ e ligação ACB

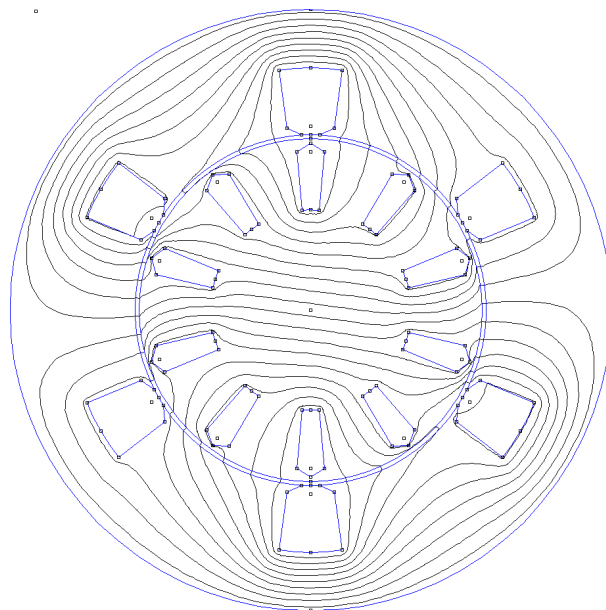


Figure 11 – Analise do campo gerado pelo estator. Sendo Fase de $A = 45$ e ligação ABC

Temos que lembrar que para esse efeito ocorrer as fases em sequencia devem ter uma defasagem uma em relação a outra de 120 graus, isso garante que o campo sempre esteja girando se as correntes das boninas variarem de maneira senoidal.

Para montarmos este vídeo utilizamos script (LUA), o mesmo pode ser acessado no apêndice ?? . Fizemos dessa maneira a analise para mostras de maneira dinâmica a variação do campo no regime do tempo e identificar possíveis problemas no nosso modelo.

O resultado dessas análise saiu como o esperado e não houve nenhuma eventualidade no mesmo.

A Segunda parte deste trabalho consiste em tirar resultados de um modelo de um motor trifásico montado no FEMM, foram feitas varias analise nesse modelo, alguma dessas foram feitas de maneira que ficasse mais simples o entendimento.

2.2 Força e torque sobre o rotor

Nessa analise, diferente da anterior estamos interessados em sabermos o torque sobre o rotor em um determinado estante de tempo, ou seja, consideramos um campo estático induzido pelas bobinas.

Para o rotor utilizamos uma corrente fixa, e somente uma bobina para ficar mais simples o estudo deste fenômeno, o campo gerado por ela pode ser observada na figura ??

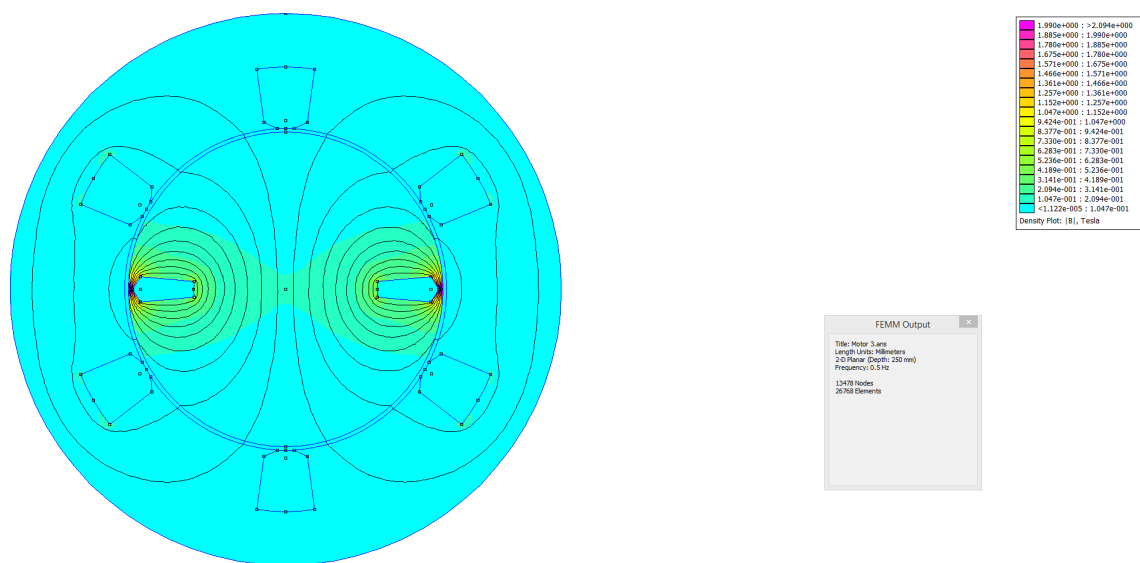


Figure 12 – Campo Bobina

Devemos lembrar que a posição do rotor varia sua posição, para que dessa forma se analise o torque sobre o rotor, no entanto o mesmo varia imerso sobre o campo gerado pelo estator. Para fazer essa analise mais uma vez criamos um vídeo que pode ser visualizado por esse [link](#)

Neste podemos ver que em alguns momentos o campo B se altera, fato que já era esperado, pois existe a interação entre os dois campos mostrados nas imagens acima. Agora para calcularmos o torque exato a cada grau de rotação, utilizamos o calculo de torque do FEMM sobre o rotor para cada grau, para fazermos esse montante de simulações utilizamos um script (Lua) que pode ser acessado no apêndice ?? , este gerou para nos

as seguintes tabelas ?? ?? ?? ??, a mesma foi transformada em um gráfico através do software R, e pode ser visualizado na figura ??

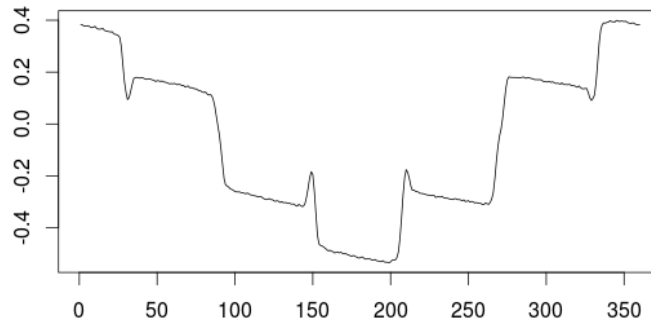


Figure 13 – Torque

Podemos notar que o maior torque acontece em 0 e 180 graus e tem seu valor nulo em 90 e 270 graus, tal valor já era esperado, pois no momento de maior torque o campo do rotor em relação ao do estator são perpendiculares, e no de menor são paralelos. Este fato pode ser melhor visualizado através das forças exercidas pelo campo sobre a bobina. Para se calcular essa força podemos utilizar a relação de força de Lorentz, que esta na equação ??

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (2.7)$$

Lembrando que para isso consideramos o campo magnético dentro do estator constante, o que é uma boa aproximação, então como a força nesse caso sempre terá uma mesma direção para cada bobina, logo para a situação de torque 0 e torque máximo temos as seguintes situações, que podem ser melhor visualizadas nas imagens ?? ??

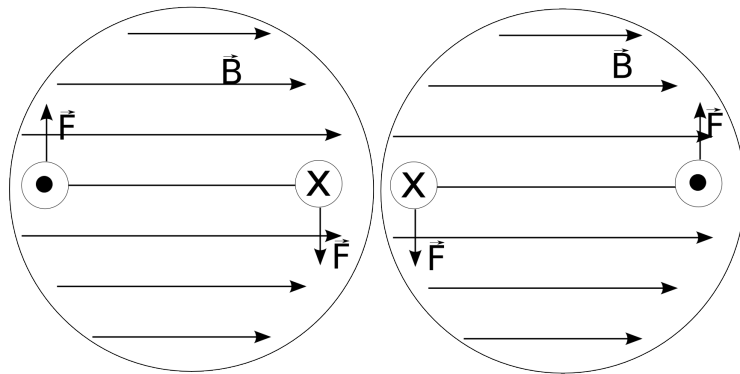


Figure 14 – Motor força máxima

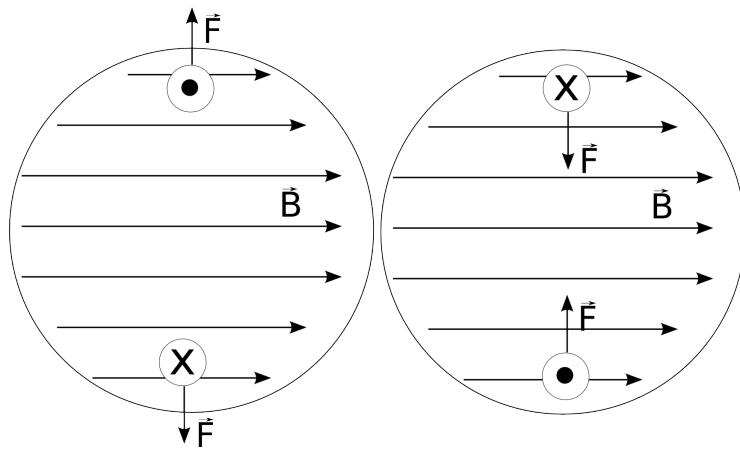


Figure 15 – Motor força nula

Como podemos ver nas imagens para a situação de torque 0 temos as forças se anulando pois são opostas ou tem a mesma direção, para o torque máximo temos a situação onde as forças são somadas e criam um torque máximo, pois são opostas e não estão sobre o mesmo eixo.

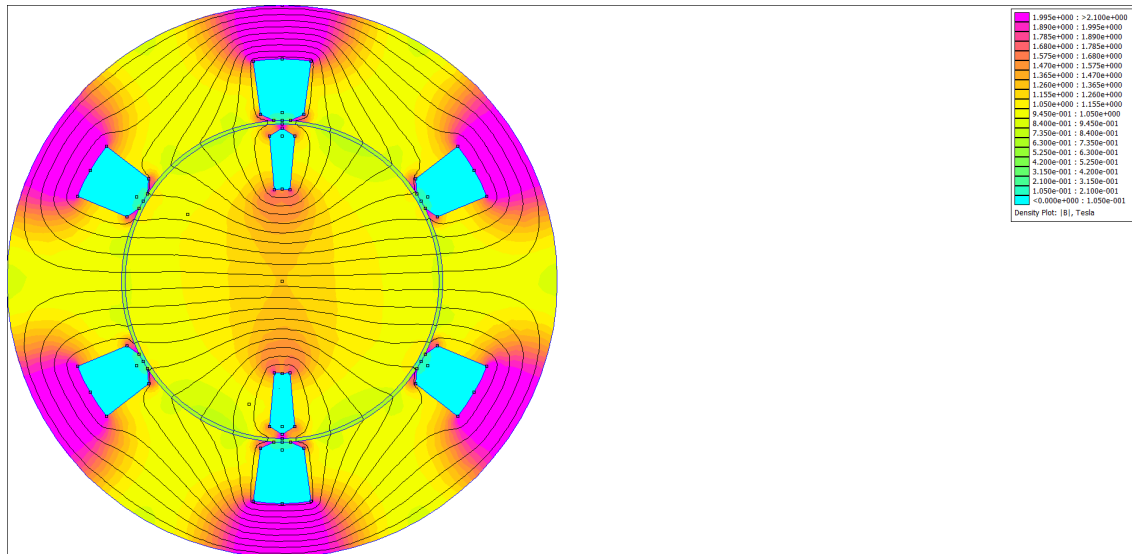


Figure 16 – Simulação Torque nulo

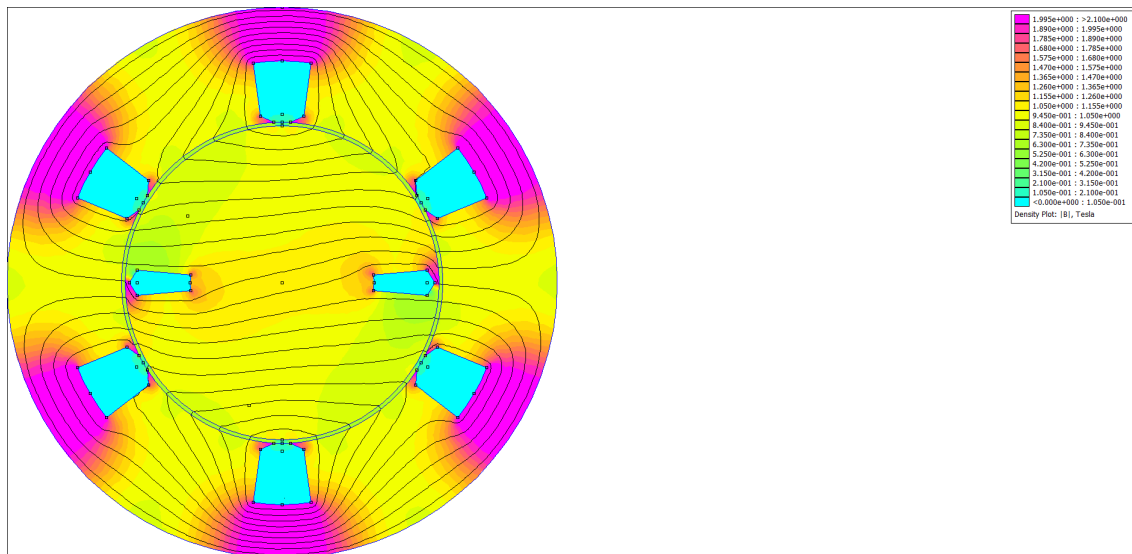


Figure 17 – Simulação Torque máximo

2.3 Máquinas síncronas

Com raras exceções, o enrolamento de armadura de uma máquina síncrona localiza-se no estator, e o enrolamento do campo, no rotor, podemos visualizar um esquemático dessa situação na figura ??.

Analisando a figura ?? podemos ver que o enrolamento do campo gera apenas um par de polos, o enrolamento da armadura aqui é uma única bobina de N espiras. O rotor é girador por uma força mecânica e tem a sua velocidade de módulo constante. Supõe-se que

o enrolamento de armadura esteja em circuito aberto, e portando o fluxo dessa máquina será produzido apenas pelo enrolamento do campo.

Podemos ver o caminho do fluxo na figura ??, analisando a máquina como uma máquina ideal, o fluxo magnético no entreferro é senoidal. A medida que o rotor gira, o fluxo sobre o enrolamento da armadura varia no tempo, produzindo uma tensão senoidal no tempo, essa tensão passa por um ciclo completo a cada revolução do rotor e sua frequência é a mesma que a velocidade do motor. Assim uma máquina síncrona de dois polos deve girar a 3600 rotação por minutos para produção de uma tensão de 60Hz

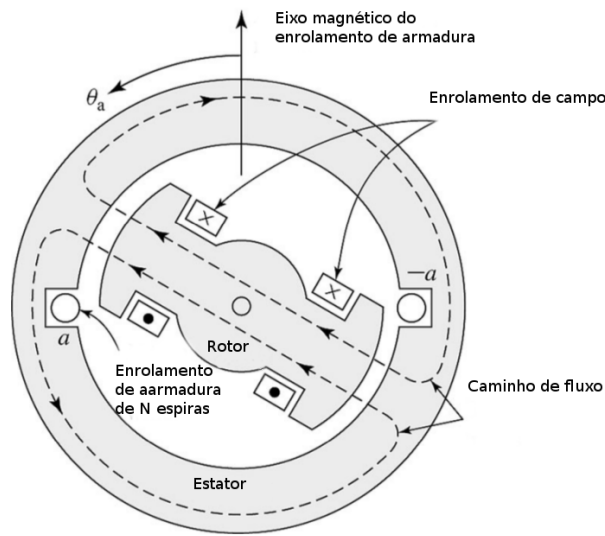


Figure 18 – Diagrama esquemático de um gerador síncrono, pólos salientes, monofásico, dois pólos

Podemos ter mais de um pólo em uma máquina síncrona, como podemos ver na figura ?. Reparamos que as bobina do campo estão ligado de modo que os polos tenham polaridades alternadas. O enrolamento de armadura consiste agora duas bobinas , a_1 , $-a_1$ e a_2 e $-a_2$ ligadas em série pelos seus terminais de conexão. A cada bobina corresponde um comprimento de onda de fluxo. Temos agora dois compelimentos de ondas a cada revolução do rotor. Assim a frequência em Hz sera o dobro da rotação por segundo.

A tensão de uma bobina de uma máquina de múltiplos polos passa por um ciclo completo toda vez que um par de polos passa pela bobina. A frequência elétrica f_e gerada por uma máquina de síncrona é portando

$$f_e = \frac{\text{pólos}}{2} \times \frac{n}{60} \quad (2.8)$$

onde n é a velocidade mecânica em rotações por minuto.

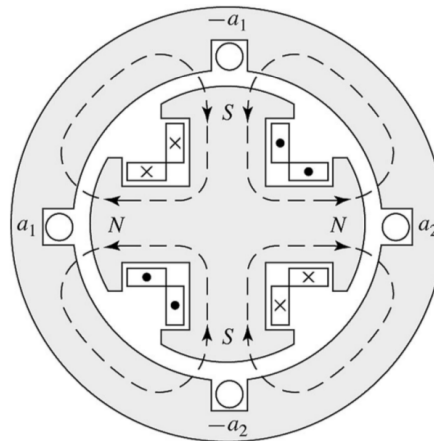


Figure 19 – Diagrama esquemático de um gerador síncrono, de pólos salientes, monofásico, quatro pólos

Para a construção de uma máquina trifásica, deve ser usado no mínimo três bobinas defasadas de 120 graus elétricos no espaço, podemos ver um esquemático na figura ?? . Em uma máquina elementar de Quatro pólos, um mínimo de dois conjuntos de bobinas deve ser usados podemos ver o esquemático na figura ?? . Em uma máquina elementar com múltiplos polos, o número mínimo de conjuntos de bobina é dado pela metade do número de pólos. As duas bobinas da figura ?? são conectadas em série de modo que suas tensões sejam somadas e as três fases podem ser ligadas em Y ou em Δ como na figura ?? onde vemos a ligação em Y . Uma alternativa possível também é a ligação em paralelo do par de bobinas.

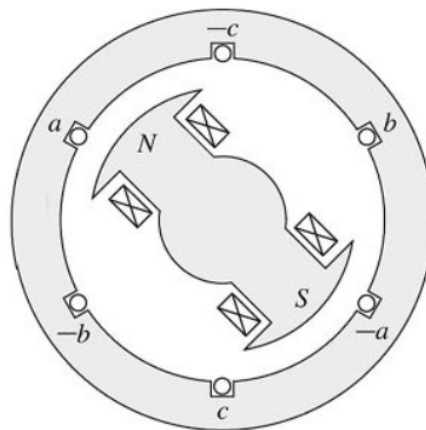


Figure 20 – Diagrama esquemático de gerador trifásico - dois polo e um enrolamento por fase

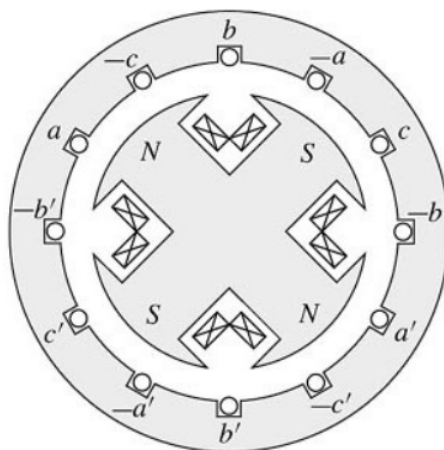


Figure 21 – Diagrama esquemático de gerador trifásico - quatro polo e dois enrolamento por fase

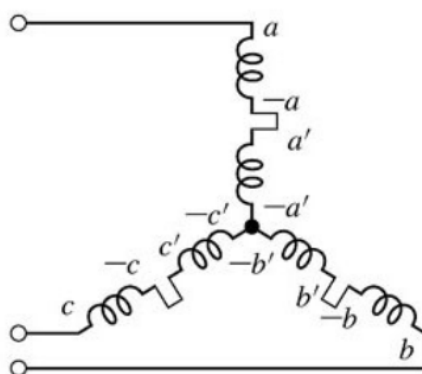


Figure 22 – Ligação Y das bobinas

Appendix

APPENDIX A – Script em lua

```
1 str_by = ""
2 str_bx = ""
3 str_z = ""
4 for i = 60, 600, 2 do
5     mi_probdef(i, "inches", "planar", 1E-8)
6     mi_analyze()
7     mi_loadsolution()
8     A, BX, BY = mo_getpointvalues(2,2);
9     BX = abs(BX)
10    BY = abs(BY)
11    str_bx = str_bx .. ", " .. BX .. "\n"
12    str_by = str_by .. ", " .. BY .. "\n"
13    mo_selectblock(2,2)
14    mo_selectblock(0.2,0.2)
15    Z = mo_blockintegral(6)
16    str_z = str_z .. ", " .. Z .. "\n"
17 end
18
19 print(str_bx)
20 print(str_by)
21 print(str_z)
```

Script A.1 – Perda pela frequencia

```
1 str_by = ""
2 str_bx = ""
3 str_z = ""
4 for i = 2, 30, 0.4 do
5     mi_modifymaterial("M-45 Steel",5,i)
6     mi_analyze()
7     mi_loadsolution()
8     A, BX, BY = mo_getpointvalues(2,2);
9     BX = abs(BX)
10    BY = abs(BY)
11    str_bx = str_bx .. ", " .. BX .. "\n"
12    str_by = str_by .. ", " .. BY .. "\n"
13    mo_selectblock(2,2)
14    mo_selectblock(0.2,0.2)
15    Z = mo_blockintegral(6)
16    str_z = str_z .. ", " .. Z .. "\n"
17 end
18
19 print(str_bx)
20 print(str_by)
21 print(str_z)
```

Script A.2 – Perda pelo sigma

```

1 ai = 0
2 af = 180
3 t = 10
4 fps = 30
5 dt = (af - ai)/(t * fps)
6 for i = ai, af , dt do
7     a = i
8     b = i+120
9     c = i+240
10    ia = "" .. (2*cos(rad(a)))
11    temp = (2*sin(rad(a)))
12    if(temp >= 0) then ia = ia .. "+I*" .. temp
13    else ia = ia .. "-I*" .. abs(temp)
14    end
15    mi_modifycircprop("A", 1, ia)
16
17    ib = "" .. (2*cos(rad(b)))
18    temp = (2*sin(rad(b)))
19    if(temp >= 0) then ib = ib .. "+I*" .. temp
20    else ib = ib .. "-I*" .. abs(temp)
21    end
22    mi_modifycircprop("B", 1, ib)
23    ic = "" .. (2*cos(rad(c)))
24    temp = (2*sin(rad(c)))
25    if(temp >= 0) then ic = ic .. "+I*" .. temp
26    else ic = ic .. "-I*" .. abs(temp)
27    end
28    mi_modifycircprop("C", 1, ic)
29    mi_analyze()
30    mi_loadsolution()
31    mo_showdensityplot(1,0,0,2.5, "jreal")
32    temp = log(i*1.25 + 1)/log(10)
33    if(temp < 1) then
34        temp = "00" .. floor(i/dt + 1)
35    elseif (temp < 2) then
36        temp = "0" .. floor(i/dt + 1)
37    else
38        temp = "" .. floor(i/dt + 1)
39    end;
40    mo_savebitmap("C:\\temp\\img_" .. temp .. ".bmp")

```

Script A.3 – Imagem para video do campo girante

```
1 str = ""
2 for i = 1, 360, 1 do
3     mi_selectgroup(1)
4     mi_moverotate(0,0,1,4)
5     mi_analyze()
6     mi_loadsolution()
7
8     mo_selectblock(0,0);
9     mo_selectblock(40*cos(rad(i)), 40*sin(rad(i)))
10    mo_selectblock(40*cos(rad(i+180)), 40*sin(rad(i+180)))
11    str = str .. ", " .. mo_blockintegral(22) .. "\n"
12 end
13 print(str)
```

Script A.4 – Calculo do toque de maneira estacionário

APPENDIX B – Tabelas

Table 1 – Frequência $\times |B_x|$ - Parte I

Frequência	$ B_x $	Frequência	$ B_x $	Frequência	$ B_x $
60	0.00086666095	120	0.0013835082	180	0.001601904
62	0.0008877045	122	0.0013954347	182	0.0016054017
64	0.00090861128	124	0.0014069962	184	0.0016086682
66	0.00092936174	126	0.0014181983	186	0.0016117534
68	0.00094993763	128	0.0014290393	188	0.0016146611
70	0.00097032138	130	0.0014396222	190	0.0016173822
72	0.00099049601	132	0.0014497699	192	0.001622153
74	0.0010104476	134	0.0014600937	194	0.001624436
76	0.0010301641	136	0.0014704123	196	0.0016265679
78	0.0010496214	138	0.0014795164	198	0.0016285355
80	0.0010688133	140	0.0014891944	200	0.0016303411
82	0.0010877267	142	0.0014979254	202	0.0016319858
84	0.0011063521	144	0.0015060838	204	0.0016334707
86	0.0011246782	146	0.0015173755	206	0.0016347973
88	0.0011426945	148	0.0015249855	208	0.0016359664
90	0.0011603911	150	0.0015321751	210	0.0016370176
92	0.0011777597	152	0.0015390813	212	0.0016378808
94	0.0011947921	154	0.0015455241	214	0.001638584
96	0.0012114818	156	0.0015695377	216	0.0016391346
98	0.0012278276	158	0.0015759089	218	0.0016395342
100	0.0012438216	160	0.0015820158	220	0.0016397838
102	0.0012594478	162	0.0015876881	222	0.0016398846
104	0.0012747067	164	0.0015932827	224	0.0016398377
106	0.0012896031	166	0.00159863	226	0.0016396439
108	0.0013041343	168	0.0016037373	228	0.001637936
110	0.0013182955	170	0.001581602	230	0.0016374766
112	0.0013320961	172	0.0015861477	232	0.0016368731
114	0.0013455106	174	0.001590389	234	0.0016361189
116	0.0013585481	176	0.0015944252	236	0.0016352336
118	0.0013712133	178	0.0015982621	238	0.00163421

Table 2 – Frequência $\times |B_x|$ - Parte II

Frequência	$ B_x $	Frequência	$ B_x $	Frequência	$ B_x $
240	0.00163421	300	0.0015533862	360	0.0014335536
242	0.0016330505	302	0.0015495929	362	0.0014295588
244	0.0016317574	304	0.0015457833	364	0.0014255729
246	0.0016303331	306	0.0015419406	366	0.0014215968
248	0.0016287802	308	0.0015380676	368	0.0014176305
250	0.0016271015	310	0.0015341667	370	0.0014136873
252	0.0016252999	312	0.0015302404	372	0.0014097414
254	0.0016233015	314	0.0015262918	374	0.0014058055
256	0.0016212567	316	0.001522323	376	0.00140188
258	0.0016191067	318	0.0015183383	378	0.0013979651
260	0.0016168464	320	0.0015143359	380	0.0013940608
262	0.0016144794	322	0.0015103404	382	0.0013901676
264	0.001612009	324	0.0015063128	384	0.0013862854
266	0.0016094391	326	0.0015022761	386	0.0013824145
268	0.0016067729	328	0.0014982317	388	0.001378555
270	0.0016040136	330	0.0014941814	390	0.0013747117
272	0.0016011646	332	0.0014901266	392	0.0013708765
274	0.0015982294	334	0.0014860688	394	0.0013670533
276	0.0015952115	336	0.0014820093	396	0.0013632422
278	0.0015921147	338	0.0014779494	398	0.0013594433
280	0.0015889425	340	0.0014738903	400	0.0013555791
282	0.0015856181	342	0.0014698168	402	0.0013518029
284	0.0015823039	344	0.0014657635	404	0.0013480395
286	0.0015789239	346	0.0014617141	406	0.0013442892
288	0.0015754816	348	0.0014576694	408	0.001340552
290	0.0015716047	350	0.0014536303	410	0.0013368283
292	0.0015680587	352	0.0014495973	412	0.001333118
294	0.0015644603	354	0.0014455711	414	0.0013294213
296	0.0015608132	356	0.0014415522	416	0.0013257383
298	0.0015571209	358	0.0014375575	418	0.0013220693

Table 3 – Frequência $\times |B_x|$ - Parte III

Frequência	$ B_x $	Frequência	$ B_x $	Frequência	$ B_x $
420	0.0013184142	480	0.0012162503	540	0.0011313046
422	0.0013147733	482	0.0012131271	542	0.0011287797
424	0.0013111469	484	0.0012100238	544	0.0011262652
426	0.001307535	486	0.0012069404	546	0.0011237691
428	0.0013039378	488	0.001203877	548	0.0011212913
430	0.0013003556	490	0.0012008335	550	0.0011188315
432	0.0012967884	492	0.0011978101	552	0.0011163908
434	0.0012932366	494	0.0011948068	554	0.0011139669
436	0.0012897002	496	0.0011918236	556	0.0011115607
438	0.0012861844	498	0.0011888604	558	0.0011091721
440	0.0012826791	500	0.0011859173	560	0.001106886
442	0.0012791899	502	0.0011829943	562	0.0011045313
444	0.0012757173	504	0.0011800914	564	0.0011021938
446	0.0012722612	506	0.0011772085	566	0.0010998732
448	0.001268822	508	0.0011743456	568	0.0010975695
450	0.0012653999	510	0.0011715027	570	0.001095295
452	0.0012619951	512	0.0011686797	572	0.0010930245
454	0.0012586077	514	0.0011658766	574	0.0010907703
456	0.0012552381	516	0.0011630934	576	0.0010885324
458	0.0012518864	518	0.0011603301	578	0.0010863105
460	0.0012485527	520	0.0011575864	580	0.0010841046
462	0.0012452374	522	0.0011548746	582	0.0010819144
464	0.0012419405	524	0.0011521895	584	0.0010797398
466	0.0012386765	526	0.0011495045	586	0.0010775499
468	0.0012354172	528	0.0011468389	588	0.0010754063
470	0.001232177	530	0.0011441756	590	0.0010733203
472	0.0012289559	532	0.0011416083	592	0.0010712065
474	0.0012257541	534	0.0011390002	594	0.0010691866
476	0.0012225718	536	0.0011364111	596	0.0010671016
478	0.0012193932	538	0.0011338408	598	0.001065031

Table 4 – Frequência $\times |B_x|$ - Parte IV

Frequência	$ B_x $
600	0.0010609324

Table 5 – Frequência $\times |B_Y|$ - Parte I

Frequência	$ B_Y $	Frequência	$ B_Y $	Frequência	$ B_Y $
60	1.2660895	120	1.1785727	180	1.0514313
62	1.2640541	122	1.1748184	182	1.0469666
64	1.2619537	124	1.1710201	184	1.0425018
66	1.2597885	126	1.1671791	186	1.0380385
68	1.2575589	128	1.1632965	188	1.0335778
70	1.255265	130	1.1593664	190	1.0291211
72	1.2529074	132	1.1553863	192	1.0246213
74	1.2504862	134	1.1513668	194	1.020175
76	1.2480023	136	1.147307	196	1.0157365
78	1.2454553	138	1.1432359	198	1.0113069
80	1.2428461	140	1.1390952	200	1.0068873
82	1.2401751	142	1.1349579	202	1.0024787
84	1.2374429	144	1.1307913	204	0.99808229
86	1.23465	146	1.1265328	206	0.993699
88	1.2317969	148	1.1223092	208	0.98932986
90	1.2288843	150	1.1180604	210	0.98497562
92	1.2259129	152	1.1137871	212	0.98063751
94	1.2228832	154	1.1094909	214	0.97631633
96	1.2197961	156	1.1046496	216	0.97201287
98	1.2166524	158	1.100305	218	0.96772792
100	1.2134526	160	1.0959424	220	0.96346223
102	1.2101978	162	1.0915633	222	0.95921654
104	1.2068887	164	1.0871695	224	0.95499153
106	1.2035261	166	1.0827625	226	0.95078786
108	1.200111	168	1.0783436	228	0.94655527
110	1.1966444	170	1.0737044	230	0.94239537
112	1.1931269	172	1.0692612	232	0.93825858
114	1.1895601	174	1.064811	234	0.9341454
116	1.1859447	176	1.0603549	236	0.9300564
118	1.1822819	178	1.0558946	238	0.92599202

Table 6 – Frequência $\times |B_Y|$ - Parte II

Frequência	$ B_Y $	Frequência	$ B_Y $	Frequência	$ B_Y $
240	0.92195268	300	0.8135358	360	0.72936294
242	0.91793879	302	0.81035824	362	0.72692173
244	0.91395073	304	0.80720811	364	0.72450167
246	0.90998885	306	0.80408524	366	0.72210256
248	0.90605347	308	0.80098947	368	0.71972416
250	0.90214489	310	0.79792063	370	0.71736627
252	0.89826334	312	0.79487855	372	0.71502867
254	0.89440907	314	0.79186303	374	0.71271114
256	0.89058241	316	0.78887389	376	0.71041348
258	0.88678347	318	0.78591094	378	0.70813546
260	0.88301243	320	0.78297391	380	0.70587689
262	0.87926944	322	0.78006274	382	0.70363756
264	0.87555464	324	0.77717716	384	0.70141726
266	0.87186814	326	0.77431694	386	0.69921577
268	0.86821003	328	0.7714819	388	0.69703292
270	0.86458038	330	0.76867179	390	0.69486847
272	0.86097925	332	0.76588642	392	0.69272224
274	0.85740666	334	0.76312555	394	0.69059403
276	0.85386264	336	0.76038897	396	0.68848365
278	0.85034718	338	0.75767646	398	0.68638282
280	0.84686014	340	0.75498775	400	0.68430742
282	0.84340176	342	0.7523227	402	0.68224927
284	0.83997187	344	0.74968104	404	0.68020819
286	0.8365704	346	0.74706255	406	0.67818399
288	0.83318486	348	0.744467	408	0.67617648
290	0.82983992	350	0.74189417	410	0.67418548
292	0.82652317	352	0.73934384	412	0.67221082
294	0.8232345	354	0.73681578	414	0.67025231
296	0.81997381	356	0.73430972	416	0.66830977
298	0.81674096	358	0.73182553	418	0.66638303

Table 7 – Frequência $\times |B_Y|$ - Parte III

Frequência	$ B_Y $	Frequência	$ B_Y $	Frequência	$ B_Y $
420	0.66447192	480	0.61361938	540	0.57286967
422	0.66257626	482	0.61211647	542	0.57165049
424	0.66069589	484	0.61062456	544	0.5704393
426	0.65883064	486	0.60914353	546	0.56923603
428	0.65698034	488	0.60767327	548	0.5680406
430	0.65514482	490	0.60621365	550	0.56685291
432	0.65332393	492	0.60476456	552	0.56567291
434	0.65151751	494	0.6033259	554	0.56450051
436	0.64972534	496	0.60189754	556	0.56333563
438	0.64794737	498	0.60047938	558	0.56217609
440	0.6461834	500	0.59907131	560	0.56102605
442	0.64443327	502	0.59767322	562	0.5598833
444	0.64269684	504	0.59628501	564	0.55874778
446	0.64097394	506	0.59490656	566	0.55761941
448	0.63926444	508	0.59353778	568	0.55649813
450	0.63756818	510	0.59217857	570	0.55538385
452	0.63588503	512	0.59082881	572	0.55427651
454	0.63421483	514	0.58948841	574	0.55317605
456	0.63255746	516	0.58815728	576	0.55208238
458	0.63091276	518	0.58683531	578	0.55099546
460	0.6292806	520	0.58552215	580	0.5499152
462	0.62766085	522	0.58421772	582	0.54884155
464	0.62605341	524	0.58292268	584	0.54777397
466	0.62445806	526	0.58163642	586	0.54671335
468	0.62287471	528	0.5803588	588	0.54565926
470	0.62130323	530	0.57908923	590	0.5446114
472	0.6197435	532	0.57782878	592	0.54356961
474	0.61819538	534	0.57657676	594	0.54253425
476	0.61665868	536	0.57533307	596	0.54150505
478	0.61513341	538	0.57409761	598	0.54048197

Table 8 – Frequência $\times |B_y|$ - Parte IV

Frequência	$ B_y $
600	0.5394649405

Table 9 – Frequência \times Perda - Parte I

Frequência	Perda	Frequência	Perda	Frequência	Perda
60	3.5255858	120	11.773779	180	20.658729
62	3.7442264	122	12.082831	182	20.924401
64	3.9682265	124	12.392275	184	21.187388
66	4.1974442	126	12.701952	186	21.447658
68	4.4317342	128	13.011647	188	21.705183
70	4.670948	130	13.321154	190	21.960696
72	4.9149343	132	13.630462	192	22.212629
74	5.1635413	134	13.93934	194	22.461756
76	5.4166072	136	14.247832	196	22.708061
78	5.6739752	138	14.555671	198	22.951532
80	5.9354835	140	14.86267	200	23.192164
82	6.2009684	142	15.168747	202	23.429954
84	6.4702641	144	15.473159	204	23.664902
86	6.7432032	146	15.776937	206	23.897014
88	7.0196165	148	16.079418	208	24.126288
90	7.2993338	150	16.380472	210	24.352744
92	7.5821835	152	16.679991	212	24.576391
94	7.8679934	154	16.979807	214	24.797239
96	8.1565906	156	17.275637	216	25.015303
98	8.4478008	158	17.569619	218	25.230599
100	8.7414493	160	17.861659	220	25.443147
102	9.0373612	162	18.151673	222	25.652968
104	9.3353617	164	18.439576	224	25.860083
106	9.6352764	166	18.72529	226	26.064597
108	9.9369313	168	19.010565	228	26.266336
110	10.240151	170	19.291459	230	26.465447
112	10.544768	172	19.569948	232	26.661956
114	10.850608	174	19.845971	234	26.855901
116	11.157502	176	20.119474	236	27.047309
118	11.465281	178	20.390408	238	27.23621

Table 10 – Frequência \times Perda - Parte II

Frequência	Perda	Frequência	Perda	Frequência	Perda
240	27.422638	300	32.042041	360	35.373937
242	27.606626	302	32.169428	362	35.470899
244	27.788207	304	32.295452	364	35.567143
246	27.967416	306	32.420143	366	35.662684
248	28.144289	308	32.543529	368	35.757537
250	28.31886	310	32.665638	370	35.851717
252	28.491166	312	32.786497	372	35.945235
254	28.661245	314	32.906134	374	36.038107
256	28.829132	316	33.024574	376	36.130344
258	28.994865	318	33.141841	378	36.22196
260	29.158481	320	33.257966	380	36.312968
262	29.320016	322	33.37297	382	36.403378
264	29.479507	324	33.486877	384	36.493204
266	29.636992	326	33.59971	386	36.582458
268	29.792507	328	33.711494	388	36.671149
270	29.94609	330	33.822249	390	36.759289
272	30.097777	332	33.931998	392	36.84689
274	30.247604	334	34.040762	394	36.933962
276	30.395607	336	34.148562	396	37.020348
278	30.541815	338	34.255416	398	37.106385
280	30.686277	340	34.361349	400	37.191923
282	30.829022	342	34.466378	402	37.276974
284	30.970084	344	34.570522	404	37.361546
286	31.109608	346	34.673798	406	37.445648
288	31.247398	348	34.776227	408	37.529291
290	31.383605	350	34.877824	410	37.612482
292	31.518263	352	34.978608	412	37.695231
294	31.651405	354	35.078593	414	37.777547
296	31.783061	356	35.177799	416	37.859436
298	31.913262	358	35.276242	418	37.940909

Table 11 – Frequência \times Perda - Parte III

Frequência	Perda	Frequência	Perda	Frequência	Perda
420	38.021972	480	40.29733	540	42.358996
422	38.102634	482	40.368901	542	42.425139
424	38.182902	484	40.440247	544	42.49114
426	38.262784	486	40.511371	546	42.556998
428	38.342287	488	40.582277	548	42.622694
430	38.421419	490	40.652969	550	42.688275
432	38.500186	492	40.723449	552	42.75372
434	38.578587	494	40.793722	554	42.81903
436	38.656646	496	40.863792	556	42.883902
438	38.734361	498	40.93366	558	42.94895
440	38.811739	500	41.003331	560	43.013868
442	38.888786	502	41.072808	562	43.078657
444	38.965508	504	41.142093	564	43.14332
446	39.041911	506	41.21119	566	43.207844
448	39.118002	508	41.280101	568	43.272258
450	39.193785	510	41.34883	570	43.33655
452	39.269268	512	41.417379	572	43.400721
454	39.344455	514	41.48575	574	43.464773
456	39.419352	516	41.553947	576	43.528707
458	39.493964	518	41.621884	578	43.592525
460	39.568297	520	41.689571	580	43.656226
462	39.642367	522	41.75726	582	43.719714
464	39.716156	524	41.824784	584	43.78319
466	39.789681	526	41.89211	586	43.846559
468	39.862947	528	41.959172	588	43.909812
470	39.935958	530	42.026217	590	43.973068
472	40.008718	532	42.093107	592	44.036101
474	40.081222	534	42.159844	594	44.099026
476	40.153494	536	42.226403	596	44.161846
478	40.225529	538	42.292707	598	44.224561

Table 12 – Frequência \times Perda - Parte IV

Frequência	Perda
600	44.22456073

Table 13 – Condutividade $\times |B_x|$

Sigma	$ B_x $	Sigma	$ B_x $	Sigma	$ B_x $
2	0.00066850003	14	0.001568628	26	0.0011312791
2.4	0.00075647012	14.4	0.001553467	26.4	0.0011209208
2.8	0.00084476915	14.8	0.0015376139	26.8	0.0011108654
3.2	0.00093150015	15.2	0.0015213082	27.2	0.0011011924
3.6	0.0010152368	15.6	0.0015047259	27.6	0.0010917353
4	0.0010948305	16	0.0014879688	28	0.0010825447
4.4	0.0011694222	16.4	0.00147117	28.4	0.0010736343
4.8	0.0012383539	16.8	0.0014544012	28.8	0.0010650463
5.2	0.0013011656	17.2	0.0014377673	29.2	0.0010566221
5.6	0.0013576688	17.6	0.0014212539	29.6	0.0010484306
6	0.0014077883	18	0.0014049211	30	0.0010413292
6.4	0.0014523701	18.4	0.001388754		
6.8	0.0014921586	18.8	0.0013727829		
7.2	0.0015284946	19.2	0.0013569368		
7.6	0.0015735268	19.6	0.0013413727		
8	0.0015973624	20	0.0013260363		
8.4	0.0015899583	20.4	0.0013109376		
8.8	0.0016055131	20.8	0.0012960884		
9.2	0.001617829	21.2	0.0012815059		
9.6	0.0016291027	21.6	0.0012671951		
10	0.0016353272	22	0.0012531784		
10.4	0.001638908	22.4	0.0012394699		
10.8	0.0016398449	22.8	0.0012260977		
11.2	0.001636941	23.2	0.0012130282		
11.6	0.0016330233	23.6	0.0012003143		
12	0.0016268297	24	0.0011879435		
12.4	0.0016184603	24.4	0.0011759164		
12.8	0.0016083105	24.8	0.0011642316		
13.2	0.0015965344	25.2	0.0011528983		
13.6	0.0015832968	25.6	0.0011419488		

Table 14 – Condutividade $\times |B_y|$

Sigma	$ B_y $	Sigma	$ B_y $	Sigma	$ B_y $
2	1.2818834	14	0.83041331	26	0.57413735
2.4	1.2755712	14.4	0.81685061	26.4	0.56910924
2.8	1.2681264	14.8	0.80376232	26.8	0.56421583
3.2	1.2595608	15.2	0.79113764	27.2	0.55944888
3.6	1.2498926	15.6	0.7789637	27.6	0.55480732
4	1.2391459	16	0.76722645	28	0.550284
4.4	1.2273546	16.4	0.75591064	28.4	0.54587385
4.8	1.2145621	16.8	0.74500049	28.8	0.54157279
5.2	1.2008217	17.2	0.73448015	29.2	0.53737663
5.6	1.1861953	17.6	0.72433381	29.6	0.53328118
6	1.1707563	18	0.71454575	30	0.52926146
6.4	1.1545415	18.4	0.70510071		
6.8	1.137672	18.8	0.69598384		
7.2	1.1202608	19.2	0.68717266		
7.6	1.1019547	19.6	0.67866908		
8	1.0838268	20	0.67045214		
8.4	1.065271	20.4	0.6625091		
8.8	1.0468119	20.8	0.65482772		
9.2	1.0283525	21.2	0.64739628		
9.6	1.0099334	21.6	0.64020376		
10	0.9917378	22	0.63323947		
10.4	0.97379055	22.4	0.62649329		
10.8	0.95615403	22.8	0.61995559		
11.2	0.93882681	23.2	0.61361699		
11.6	0.92195166	23.6	0.60746887		
12	0.90551169	24	0.60150282		
12.4	0.88953053	24.4	0.5957109		
12.8	0.87402459	24.8	0.59008555		
13.2	0.85900342	25.2	0.58461931		
13.6	0.84447074	25.6	0.57930473		

Table 15 – Condutividade \times Perda

Sigma	Perda	Sigma	Perda	Sigma	Perda
2	2.3417015	14	6.4677762	26	4.709611
2.4	2.7825093	14.4	6.3998444	26.4	4.6683353
2.8	3.20852	14.8	6.3307009	26.8	4.6280414
3.2	3.6174774	15.2	6.2608477	27.2	4.588658
3.6	4.0072585	15.6	6.1907025	27.6	4.5502173
4	4.3759009	16	6.120613	28	4.5126611
4.4	4.7216587	16.4	6.0508621	28.4	4.4759506
4.8	5.043039	16.8	5.9816802	28.8	4.4400891
5.2	5.338831	17.2	5.913254	29.2	4.4050181
5.6	5.6081234	17.6	5.8457326	29.6	4.3707245
6	5.8503444	18	5.7792343	30	4.3370693
6.4	6.0651175	18.4	5.7138511		
6.8	6.2527555	18.8	5.6496526		
7.2	6.4134843	19.2	5.5866645		
7.6	6.5492822	19.6	5.5249684		
8	6.6592259	20	5.4645689		
8.4	6.7463839	20.4	5.4054792		
8.8	6.8110228	20.8	5.3477042		
9.2	6.8557579	21.2	5.2912404		
9.6	6.8826427	21.6	5.2360825		
10	6.8930967	22	5.1822169		
10.4	6.8892255	22.4	5.1296266		
10.8	6.8728262	22.8	5.0782933		
11.2	6.8455881	23.2	5.0281899		
11.6	6.8090512	23.6	4.9792944		
12	6.76472	24	4.9315783		
12.4	6.713914	24.4	4.8850132		
12.8	6.6578226	24.8	4.8395693		
13.2	6.5975011	25.2	4.7952063		
13.6	6.5338755	25.6	4.751875		

Table 16 – Posição do Rotor \times Perda - Parte I

Angulo	Perda	Angulo	Perda	Angulo	Perda
1	0.38267009	31	0.094012106	61	0.15627191
2	0.38199399	32	0.10196432	62	0.15433178
3	0.37703051	33	0.12648184	63	0.151004
4	0.37702423	34	0.15299799	64	0.15346526
5	0.37892218	35	0.17530255	65	0.15139001
6	0.37757068	36	0.17896334	66	0.14762292
7	0.37395313	37	0.17958805	67	0.14850158
8	0.37140008	38	0.17832196	68	0.14243229
9	0.37251385	39	0.17656017	69	0.14492885
10	0.37657109	40	0.17882377	70	0.14630372
11	0.36987775	41	0.17728637	71	0.13952526
12	0.36583598	42	0.17430172	72	0.14031225
13	0.36529098	43	0.17202476	73	0.13864985
14	0.36601401	44	0.17287182	74	0.13521312
15	0.36870894	45	0.17352265	75	0.13567405
16	0.36194964	46	0.17228598	76	0.13148499
17	0.35846003	47	0.16993047	77	0.12832537
18	0.35692877	48	0.16839697	78	0.12730592
19	0.35594547	49	0.16359926	79	0.12295084
20	0.35466761	50	0.16692416	80	0.12126108
21	0.35565499	51	0.16661837	81	0.12358302
22	0.34914627	52	0.16339329	82	0.11632791
23	0.3451252	53	0.16602348	83	0.11153896
24	0.34448289	54	0.16247846	84	0.11330682
25	0.34060984	55	0.1612902	85	0.11006012
26	0.33319836	56	0.15977226	86	0.09506217
27	0.29720476	57	0.15733196	87	0.069642343
28	0.22875342	58	0.15432143	88	0.031533549
29	0.16298944	59	0.15588032	89	-0.0058524099
30	0.12137118	60	0.15465434	90	-0.042929318

Table 17 – Posição do Rotor \times Perda - Parte II

Angulo	Perda	Angulo	Perda	Angulo	Perda
91	-0.094776827	121	-0.2905113	151	-0.25736339
92	-0.15351762	122	-0.28736875	152	-0.3438208
93	-0.20988618	123	-0.29144339	153	-0.42901974
94	-0.23505794	124	-0.29152295	154	-0.46226531
95	-0.23924526	125	-0.2958213	155	-0.46827146
96	-0.24323121	126	-0.29820385	156	-0.47028912
97	-0.24983956	127	-0.29603858	157	-0.47429291
98	-0.25215581	128	-0.29758664	158	-0.47904197
99	-0.25609536	129	-0.30266212	159	-0.48434433
100	-0.26019629	130	-0.29869179	160	-0.48950242
101	-0.26179668	131	-0.30362054	161	-0.48634479
102	-0.26202975	132	-0.30254709	162	-0.49067197
103	-0.26173641	133	-0.3032795	163	-0.49198055
104	-0.2648584	134	-0.30631401	164	-0.49725157
105	-0.26492271	135	-0.305341	165	-0.49423307
106	-0.267057	136	-0.30831627	166	-0.49385899
107	-0.26917526	137	-0.30821737	167	-0.49684437
108	-0.26600343	138	-0.30893873	168	-0.49412923
109	-0.26963006	139	-0.31446005	169	-0.49820583
110	-0.27323863	140	-0.31666573	170	-0.50093239
111	-0.27402465	141	-0.30979738	171	-0.49911378
112	-0.27602024	142	-0.31381101	172	-0.50261489
113	-0.27707874	143	-0.31789692	173	-0.50437533
114	-0.27885829	144	-0.31697841	174	-0.50777379
115	-0.2813293	145	-0.30683335	175	-0.50968774
116	-0.27962822	146	-0.28120619	176	-0.50663584
117	-0.28104273	147	-0.24745608	177	-0.50932318
118	-0.28550155	148	-0.20804661	178	-0.51237966
119	-0.28930448	149	-0.18382828	179	-0.51572469
120	-0.29128306	150	-0.19472238	180	-0.51680969

Table 18 – Posição do Rotor \times Perda - Parte III

Angulo	Perda	Angulo	Perda	Angulo	Perda
181	-0.51330331	211	-0.18649275	241	-0.28802175
182	-0.51264389	212	-0.20898959	242	-0.28816342
183	-0.51808191	213	-0.2391818	243	-0.29176099
184	-0.52092841	214	-0.25604386	244	-0.29084733
185	-0.51982129	215	-0.25524964	245	-0.29291436
186	-0.52013952	216	-0.25925204	246	-0.29562718
187	-0.52059041	217	-0.26107744	247	-0.29242613
188	-0.52441825	218	-0.26294084	248	-0.29905376
189	-0.52512685	219	-0.26753253	249	-0.29735416
190	-0.52211116	220	-0.26740623	250	-0.29580565
191	-0.52687314	221	-0.26885446	251	-0.30112476
192	-0.52816424	222	-0.27066503	252	-0.29827114
193	-0.52902814	223	-0.27281733	253	-0.299815
194	-0.5307983	224	-0.27378052	254	-0.30447234
195	-0.5267705	225	-0.2744731	255	-0.30266284
196	-0.53186962	226	-0.27485483	256	-0.30487027
197	-0.53267718	227	-0.27595683	257	-0.30593414
198	-0.53304808	228	-0.27589231	258	-0.30599562
199	-0.53467079	229	-0.28315958	259	-0.31079649
200	-0.53125978	230	-0.28073554	260	-0.3100887
201	-0.52516581	231	-0.28003726	261	-0.30422354
202	-0.5243242	232	-0.28209308	262	-0.30758041
203	-0.52419151	233	-0.2787042	263	-0.30962026
204	-0.51514632	234	-0.28384921	264	-0.30203646
205	-0.49368486	235	-0.28591725	265	-0.28843012
206	-0.44208218	236	-0.28588776	266	-0.26286566
207	-0.36452248	237	-0.28684487	267	-0.20961072
208	-0.27567885	238	-0.28956084	268	-0.14154271
209	-0.20719917	239	-0.28949979	269	-0.084604004
210	-0.17601711	240	-0.29137549	270	-0.04552168

Table 19 – Posição do Rotor \times Perda - Parte IV

Angulo	Perda	Angulo	Perda	Angulo	Perda
271	-0.018879271	301	0.16210223	331	0.11169154
272	0.023541179	302	0.16374093	332	0.15977177
273	0.080701374	303	0.1602833	333	0.23442614
274	0.1353892	304	0.16254517	334	0.3120781
275	0.1702008	305	0.15968389	335	0.36191079
276	0.18157651	306	0.15630369	336	0.38400596
277	0.17990395	307	0.15685509	337	0.38975653
278	0.17949138	308	0.15616889	338	0.38896356
279	0.17926598	309	0.15305811	339	0.39120926
280	0.17928309	310	0.15855717	340	0.39308724
281	0.17902676	311	0.15239897	341	0.39824151
282	0.1787837	312	0.15193833	342	0.39441201
283	0.17872157	313	0.15208205	343	0.39417683
284	0.17859579	314	0.15151513	344	0.39267015
285	0.18120697	315	0.15281221	345	0.3989848
286	0.17888334	316	0.14877806	346	0.39806235
287	0.17606454	317	0.14743957	347	0.3944628
288	0.17902222	318	0.14746295	348	0.39688547
289	0.17804604	319	0.14435799	349	0.39621013
290	0.17580432	320	0.14144138	350	0.39490727
291	0.17499689	321	0.14675938	351	0.39613432
292	0.17210477	322	0.14023569	352	0.39153281
293	0.17084147	323	0.13609595	353	0.38948922
294	0.17100286	324	0.13545986	354	0.38798407
295	0.1703906	325	0.13691841	355	0.38850908
296	0.17136951	326	0.13688391	356	0.38971499
297	0.16900955	327	0.1205302	357	0.38585349
298	0.16446784	328	0.10052757	358	0.38242624
299	0.16283157	329	0.090966294	359	0.3818088
300	0.16223032	330	0.098416764	360	0.38196387