

## PROJETO DE UMA TURBINA TESLA

### Rafael Avila Pereira

UnB – Campus Universitário Darcy Ribeiro -Faculdade de tecnologia, Brasília –DF  
eng.rap@gmail.com

**Resumo:** *Esse trabalho tem por objetivo principal conhecer mais sobre a turbina Tesla. Tendo como metodologia, a construção de um protótipo com dimensões reduzidas, para que neste, seja feita a instrumentação para análise e comparação dos resultados com diferentes processos e ciclos de máquinas térmicas antes desenvolvidas. Para base de calculo, usaremos a primeira lei da termodinâmica onde serão levadas em considerações as grandezas governantes, assim como também rotação e vazão, conseguindo então fechar o problema termodinamicamente.*

**Palavras-chave:** *Turbina Tesla*

### 1. INTRODUÇÃO

O conceito deste tipo de turbina não é novo ele é datado de 1913 e foi concebido por Nicola Tesla, porém, este tido como sendo como uma nova aplicação das tecnologias mecânicas, só se tornou possível devido a teoria desenvolvida por Ludwig Prandtl.

Prandtl realizou pesquisas na área de mecânica dos fluídos e uma de suas descobertas foi a presença da camada limite, um filme de fluído que se forma entre a superfície de contato de um corpo submerso e o fluído em seu escoamento onde existe a influência dos efeitos viscosos no escoamento.

Estes efeitos viscosos serão os principais responsáveis pelo funcionamento da turbina proposta por Tesla.

A Turbina Tesla, assim denominada em homenagem ao seu inventor (Nicola Tesla), também é conhecida como Turbina da Camada Limite, por ter como principio de funcionamento o efeito gerador de camada limite. Esse princípio de funcionamento, devido a descoberta da camada limite (por Prandtl), estabelece uma condição de aderência do fluído à parede, em outras palavras o fluído adquire a velocidade da parede que o mesmo adere. Assim, na parede do rotor a velocidade relativa do escoamento é nula (“no slip condition”: “condição de não escorregamento”).

Tesla na verdade, desenvolveu este conceito com o intuito de construir uma turbina capaz de captar os vapores expelidos em zonas geotérmicas existentes na superfície terrestre e, assim, gerar eletricidade.

Sua montagem compacta, em relação aos outros tipos de grupos motor/gerador existentes, revela sua aplicabilidade de geração de energia elétrica em localidades isoladas que disponham de uma fonte de energia primária.

Esta turbina é composta de uma série de discos delgados, bem próximos um ao outro, com sua separação garantida por espaçadores, ambos montados em um eixo que compõem o rotor, este rotor e seus mancais são fixados em uma carcaça que compõe o corpo da turbina.

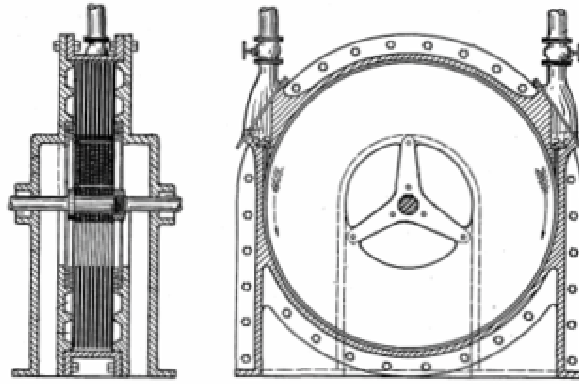


Figura.1: Vista em corte e frontal da turbina tesla

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Toda a teoria está baseada no conceito expresso pela primeira lei da termodinâmica, o de conservação de energia que rege os estudos dos atuais processos térmicos, onde se é observada a relação entre calor e trabalho e seus impactos na variação da energia interna do processo.

Ela pode ser escrita da seguinte forma:

$$\text{Onde: } \Delta U = Q + W \quad (01)$$

$Q$  → Calor;  
 $W$  → Trabalho;  
 $\Delta U$  → Variação da energia interna.

Considerando aqui que a energia interna é composta pela soma das energias cinéticas e de interação de seus constituintes a equação acima pode ser reescrita da forma:

$$Q + W = \left( \frac{\dot{m}V_2^2}{2} + gz_2 + h_2 \right) + \left( \frac{\dot{m}V_1^2}{2} + gz_1 + h_1 \right) \quad (02)$$

Onde:

$Q$  → Calor;  
 $W$  → Trabalho;  
 $\dot{m}$  → Massa do fluido;  
 $V$  → Velocidade do escoamento;  
 $g$  → Aceleração gravitacional local;  
 $z$  → Altura em que a aceleração gravitacional está atuando;  
 $h$  → Entalpia.

Através de uma análise de escala do experimento da Turbina Tesla deduziu-se que alguns termos da equação (02) poderão ser desconsiderados devido a sua influência percentual, em relação aos outros termos da equação, ser desprezível.

A Energia Potencial por exemplo tem sua atuação restrita: a variação de altura entre a entrada e a saída da Turbina, tem sua magnitude percentualmente de uma ordem muito inferior às magnitudes que regem o experimento.

Assumiu-se também, que não ocorre alimentação de calor no escoamento, sendo por isso desprezado seu termo da equação.

A Energia Cinética de entrada em relação a de saída não é desprezível, pois relação entre vazão e área de entrada, resulta em uma alta velocidade do escoamento, já na saída a velocidade do escoamento é desprezível. Com estas considerações foi possível chegar a seguinte relação que demonstra a quantidade de trabalho disponível ao funcionamento da Turbina:

$$W = \rho \dot{Q} \left( \frac{V_1^2}{2} + C_p (T_1 - T_2) \right) \quad (03)$$

Onde:

$\dot{Q}$  → Vazão;  
 $W$  → Trabalho;  
 $V$  → Velocidade do escoamento;  
 $C_p$  → Calor específico a pressão constante;

$T$  → Temperatura do fluido;

$\rho$  → Massa específica do fluido.

Tendo como referência a equação acima infere-se a possibilidade de dois tipos de utilização dessa Turbina Tesla: a primeira é dada com a alimentação da turbina com ar comprimido, onde ocorreria um escoamento do fluido de entrada em alta velocidade.

A outra aplicação seria em um ciclo com reaproveitamento de vapor, onde a eficiência seria dada basicamente pela diferença de temperatura na entrada e na saída. Na saída da turbina, o fluido sofreria uma expansão considerável ocasionando uma grande queda de temperatura.

De posse da potência disponível foi avaliado a capacidade de conversão de energia da turbina, ou em outras palavras a eficiência deste tipo de máquina. Pois, após o cálculo do valor de potência disponível do ar e do cálculo o valor de potência gerada, a diferença entre ambos é justamente as perdas da turbina.

Para o cálculo da potência no eixo, usam-se os dados obtidos da caracterização do gerador. A caracterização do motor, que funcionará como gerador é feita pela metodologia indicada por Brasil (2005).

Para esta caracterização segue as seguintes relações:

$$P_{eixo} = V \cdot I - (R_{int} \cdot I^2) - (f \cdot w^2) \quad (04)$$

Onde:

$P_{eixo}$  → Potência de saída no eixo;  
 $V$  → Diferença de potencial;  
 $I$  → Corrente elétrica;  
 $R_{int}$  → Resistência elétrica interna;  
 $f$  → Fator de atrito;  
 $w$  → Rotação do eixo;

$$f = \frac{V \cdot I - (R_{int} \cdot I^2) - P_{eixo}}{w^2} \quad (05)$$

Onde:

$P_{eixo}$  → Potência de saída no eixo;  
 $V$  → Diferença de potencial;  
 $I$  → Corrente elétrica;  
 $R_{int}$  → Resistência elétrica interna;  
 $f$  → Fator de atrito;  
 $w$  → Rotação do eixo;

### 3. MÉTODOS EXPERIMENTAIS

O projeto do modelo reduzido da turbina tesla foi desenvolvido com o intuito de conceituar e caracterizar a contribuição científica que foi dada por Nikolas Tesla. A turbina é constituída por:

- nove discos igualmente espaçadores e constituídos;
- dez arruelas usadas como espaçador;
- cinco paralelepípedos que se unem formando a carcaça da turbina, sendo três iguais e os outros dois com uma configuração diferente em uma primeira configuração, e quatro paralelepípedos, dois como exaustores e dois como direcionadores do escoamento na segunda configuração;
- uma barra roscada apoiada em quatro rolamentos com função de eixo;
- oito parafusos com porca.

Acoplada na bancada encontra-se o protótipo, como pode ser observado a seguir:

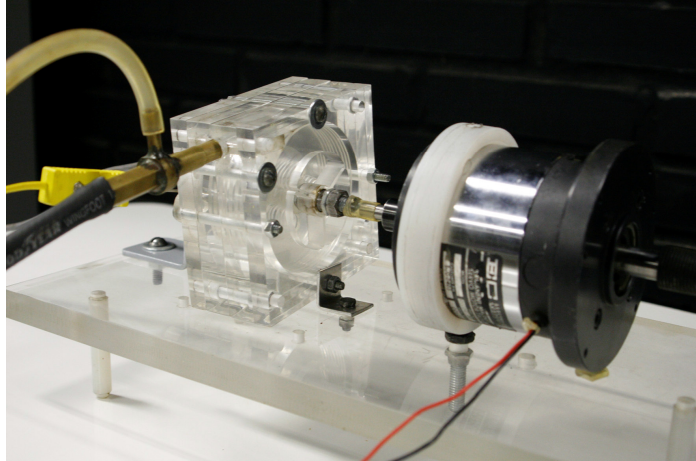


Figura.2 – Foto da turbina tesla na bancada.

### 4. INSTRUMENTAÇÃO

Uma série de sensores e instrumentos compõem a bancada destinada a aquisição de dados a qual é responsável pela coleta de dados tais como: vazão, rotação do eixo, tensão do gerador, pressão e temperatura.

A figura abaixo ilustra a montagem do sistema de monitoramento e aquisição dados:

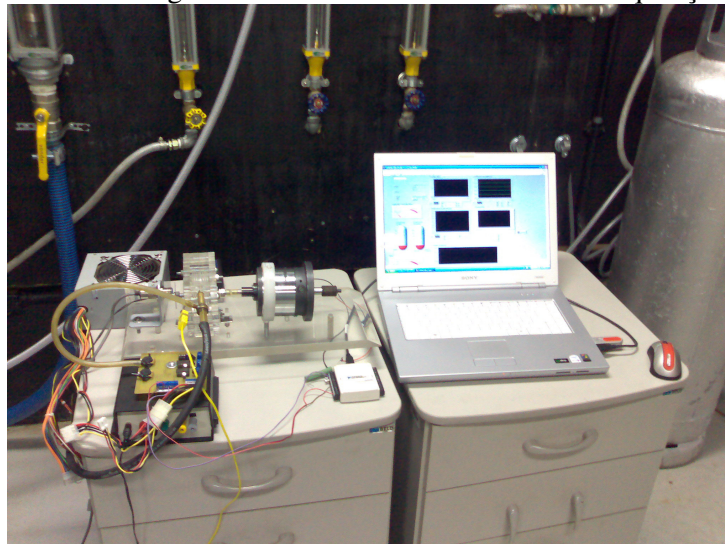


Figura 3 – Disposição dos instrumentos referentes ao ensaio.

Para a aquisição dos dados, foi usado o software: LABVIEW, este tem como fonte de dados uma placa externa (fig.2.4) conectada ao computador, para a leitura da tensão gerada pelos sensores. Nele temos duas interfaces: uma de programação, a qual é feita a montagem dos circuitos necessários para o tratamento do sinal e que fornece a equação de transformação para a grandeza desejada; e outra para a leitura das mesmas, podendo ser feita: por meio de gráficos da unidade pelo tempo ou por leitores digitais e analógicos.



Figura.4 – Placa para aquisição de dados .

## 5. CALIBRAÇÃO

Para uma maior precisão de leitura dos sensores usados, executou-se as devidas calibrações nos mesmos:

Para a aferição dos termopares, utilizou-se o método de calibração do laboratório LMD, que consiste em colocar os sensores tipo K e um PT-100 (nome dado devido a propriedade de ter 100 Ohm de resistência a zero grau Celsius), em contato com etileno glicol, líquido de temperatura controlada que situasse dentro do Julabo F15 (aparelho com temperatura conhecida), no qual se tem o controle da temperatura. O sensor de platina (PT-100), número de certificação 1026/06, data de calibração 14.03/2006, e ligado a um multímetro (Agilent 6 ½ dígitos) por 4 fios, isso e para se desprezar a resistências dos fios. Erro 0,05 C. Com a leitura e tabela de referência, podemos achar por interpolação a temperatura exata do conjunto, gerando então as retas referentes a variação da tensão pela temperatura.

Para a leitura de tensão, conectou-se os terminais em uma fonte de corrente continua onde era possível a determinação da tensão e através de leitura direta, no monitor, pôde-se garantir que a leitura direta estava correta uma vez que não se tinha perdas.

Para o sensor de pressão, utilizou-se a equação fornecida pelo fabricante, e para fins de conferência utilizou-se um tubo em forma de “U” preenchido por água e observou-se que a variação de pressão lida pelo sensor e esta era comparada com a mostrada pelo tubo, o que forneceu leituras similares;

Para a rotação não foi preciso calibrar o sensor indutivo, uma vez que leu-se os pulsos em Hz sendo necessário a transformação de Hz (hertz, ou rotações por segundo) para RPM (rotações por minuto), e para tal transformação basta acrescentar um fator multiplicador igual a 60 na leitura obtida em Hz.

Com todos os sensores capazes de fornecer dados concisos e confiáveis, deu-se inicio ao processo experimental de obtenção de dados, processo este detalhado na metodologia experimental que segue.

## 6. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

A metodologia utilizada para execução do experimento segue os seguintes procedimentos:

Para a primeira fase do projeto, usou-se um estator com entrada de fluido paralela ao eixo da turbina, ou seja, no sentido perpendicular ao plano de rotação. A turbina foi acoplada a um gerador de 10 W, para acionamento da turbina, ajustou-se uma vazão de entrada de 250 NI/min que foi mantida constante durante todo o ensaio;

Em seguida fez-se a aquisição dos dados: Temperatura de entrada e saída, pressão de entrada, rotação do eixo e tensão gerada pelo gerador variando a carga aplicada ao mesmo, usando resistências com valores na faixa entre 15 a 82  $\Omega$ .

De posse dos valores lidos de tensão, resistência aplicada e rotação correspondente, foi possível a construção do gráfico de tensão versus rotação do eixo para a vazão estabelecida no passo primeiro.

Então, para a segunda fase, mudou-se a configuração do estator, neste, o fluido já entra no sentido de tangencial ao rotor, diminuindo, com isso, as perdas. Com essa otimização fez-se necessário a mudança do gerador para um de 400 W, tendo em vista a saturação do anterior. Assim variou-se a vazão inicial para ambos estatores (com um e dois bocais) e repetiram-se todos os processos para as vazões de: 300, 350, 400 e 450 NI/min, porém no estator com dois bocais as vazões acima citadas não foram suficientes para iniciar o movimento do rotor, fazendo com que só utiliza-se o primeiro.

De posse das curvas obtidas, foi possível determinar o rendimento da turbina para diferentes cargas aplicadas, gerando os seguintes resultados para os diferentes tipos de vazão:

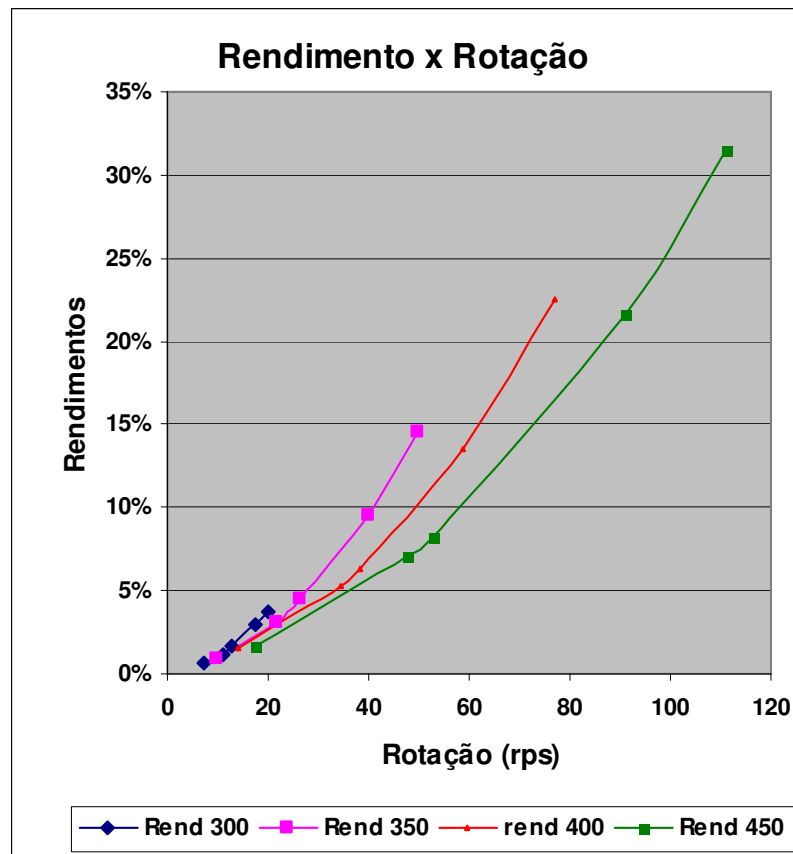


Gráfico.1: Resultado de rotação versus rendimento

Considerando os objetivos principais deste trabalho, pode-se concluir:

Que o resultado satisfaz plenamente o primeiro objetivo, conforme demonstrados pela análise do funcionamento do modelo reduzido do conjunto: Turbina, acionando um gerador elétrico.

O objetivo seguinte, de identificar a viabilidade de instalação de uma turbina Tesla em uma planta produtiva de energia elétrica, a análise experimental do modelo reduzido em escala, mostrou sua viabilidade, desde que exista a disponibilidade da energia primária.

Com o objetivo de melhor conhecer a turbina Tesla, vemos que os resultados obtidos foram de grande valia, apesar das limitações vemos que pois obtivemos rendimentos similares a outros tipos de máquinas térmicas se, devido a limitações do sistema de aquisição, sem esta os rendimentos se elevariam podendo chegar na casa dos 85% (sessenta por cento), o que não é muito já que foi analisado apenas a turbina e não o “ciclo” como um todo.

Comparamos esse experimento com ciclos termodinâmicos não é apropriado, uma vez que a turbina Tesla é apenas um elemento do ciclo. Em um ciclo Brayton por exemplo, a turbina tesla poderia substituir a turbina a gás existente no mesmo Fig. 3.1, sendo esta, o elemento responsável pela força motriz do sistema. Nesse tipo de turbina ocorre um processo de expansão, e seu rendimento pode ser de ate 90 %.



Figura 5- Ciclo Brayton de uma turbina a gás

Como ficamos limitados ao rendimento máximo de 31,47%, devido ao sistema de aquisição, podemos fazer uma projeção da curva do rendimento com vazão de 450 NI/min, por ser o melhor resultado, já que esta apresenta um  $R= 0,994$  e calcularmos a rotação para um rendimento de 90% o que nos leva a 220 rps, isso é se não tivéssemos a saturação antes. Concluindo assim que a turbina Tesla é um bom elemento devido sua simplicidade e similaridade com turbinas já existentes.

## 7. REFERÊNCIAS

- Brasil Jr., ACP, Rey, R. Modeling Losses on Small DC Electrical Motors. Nota técnica interna - Universidade de Brasilia/ ENSAM.  
 Early Logan , JR.- handbook of turbomachinery  
<http://www.umanovaera.com/conspiracoes/Tesla.htm>  
<http://www.ifm-electronic.com/ifmbr/web/berechnung.htm>  
<http://www.dee.ufrj.br/lanteg/Stirling/historico.htm>  
<http://www.frank.germano.com/thecompany.htm>  
[www.obilaser.com/ AirPoweredTeslaTurbine.html](http://www.obilaser.com/AirPoweredTeslaTurbine.html)