



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102019010102-4 A2



(22) Data do Depósito: 17/05/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 01/12/2020

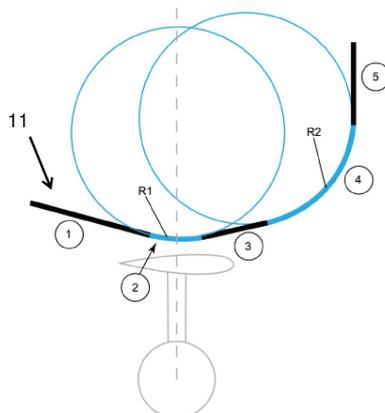
(54) **Título:** DIFUSOR AERODINÂMICO PARA AEROGERADOR DE EIXO VERTICAL, AEROGERADOR DE EIXO VERTICAL E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE DIFUSOR AERODINÂMICO

(51) **Int. Cl.:** F03D 1/00; F03D 1/04.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

(72) **Inventor(es):** SUZANE MIRITZ; LUIS HENRIQUE ALVES CÂNDIDO.

(57) **Resumo:** DIFUSOR AERODINÂMICO PARA AEROGERADOR DE EIXO VERTICAL, AEROGERADOR DE EIXO VERTICAL E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE DIFUSOR AERODINÂMICO A presente invenção descreve um difusor aerodinâmico para uma turbina eólica de eixo vertical. Especificamente, a presente invenção compreende uma geometria de difusor curvo com forma Venturi e flanges capaz de otimizar a eficiência aerodinâmica das turbinas eólicas de microescala no seu menor torque de partida. O dito difusor impede a expansão do fluxo de ar que passa pelas pás da turbina eólica, concentrando localmente esse fluxo, aumentando substancialmente a velocidade do vento e o potencial energético da turbina. A presente invenção se situa nos campos da engenharia de energia e engenharia mecânica, voltada para área da fluidodinâmica.



### **Relatório Descritivo de Patente de Invenção**

## DIFUSOR AERODINÂMICO PARA AEROGERADOR DE EIXO VERTICAL, AEROGERADOR DE EIXO VERTICAL E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE DIFUSOR AERODINÂMICO

### **Campo da Invenção**

**[0001]** A presente invenção descreve um difusor aerodinâmico para turbina eólica de eixo vertical. Mais especificamente, a presente invenção compreende uma geometria de difusor curvo com forma Venturi e flanges capaz de otimizar a eficiência aerodinâmica das turbinas eólicas de microescala no seu menor torque de partida. O dito difusor impede a expansão do fluxo de ar que passa pelas pás da turbina eólica, concentrando localmente esse fluxo, aumentando substancialmente a velocidade do vento e o potencial energético da turbina. A presente invenção se situa nos campos da engenharia de energia e engenharia mecânica, voltada para área da fluidodinâmica.

### **Antecedentes da Invenção**

**[0002]** A questão energética mundial e a preocupação acerca do meio ambiente impulsionam a discussão sobre um dos temas mais importantes na atualidade. As energias renováveis, em especial a energia eólica, têm um importante papel no planejamento energético e na segurança do suprimento de energia, principalmente em países com economias emergentes. Muito se tem pesquisado e desenvolvido em relação a turbinas eólicas para melhoria de eficiência e diversificar seus locais de aplicação.

**[0003]** Um dos dispositivos desenvolvidos para a melhoria da eficiência das turbinas eólicas é o difusor aerodinâmico. Difusor é uma estrutura que fica localizada ao lado das pás da turbina eólica de eixo vertical, possibilitando captar, concentrar e acelerar o vento que passa pela turbina eólica. Os difusores para aerogeradores de eixo vertical foram baseados no tubo de Venturi e esta geometria permite controlar a expansão do fluxo de ar que passa

pelas pás da turbina eólica, numa relação convergente (entrada) e divergente (saída), concentrando localmente esse fluxo, aumentando substancialmente a velocidade do vento e o potencial energético da turbina.

**[0004]** Para um efeito sub-atmosférico melhorado, existem os difusores flangeados. A adição de um flange ou aba na extremidade divergente da turbina gera a separação do escoamento do ar atrás do difusor, produzindo vórtices proeminentes. Esses vórtices aumentam o efeito sub-atmosférico e o vácuo consequente, que acelera o vento passante. A potência do vento é proporcional à potência cúbica da velocidade do vento que se aproxima de uma turbina eólica, ou seja, uma pequena variação na sua aceleração proporcionará um grande aumento da potência nominal. Um difusor aerodinâmico explora essa relação.

**[0005]** Na busca pelo estado da técnica em literaturas científica e patentária, foram encontrados os seguintes documentos que tratam sobre o tema:

**[0006]** O documento “Application of a Diffuser Structure to Vertical-Axis Wind Turbines” dos autores Koichi Watanabe, Shuhei Takahashi e Yuji Ohya revela um difusor aerodinâmico para aerogeradores de eixo vertical dotado de um perfil geométrico do tipo plano com a adição de um flange ou aba na extremidade divergente da turbina. Este perfil geométrico pode ser visualizado na Figura 10. A dita geometria é capaz de aumentar a velocidade do fluxo de ar passante através do efeito aerodinâmico de geração de regiões de baixa pressão e vórtices na saída do difusor. Porém, o difusor não é capaz de gerar um aumento significativo de vórtices na saída do mesmo.

**[0007]** Ainda, o referido documento “Application of a Diffuser Structure to Vertical-Axis Wind Turbines” revela também outro modelo de difusor aerodinâmico para aerogeradores de eixo vertical dotado de um perfil geométrico do tipo curvo com a adição de flanges curtas na extremidade divergente da turbina. Sua forma construtiva é baseada no difusor do tipo plano, porém se diferencia por dispor de uma seção curva que possui um

ângulo semiaberto de 20° em relação à seção do tipo plana. A dita geometria é capaz de aumentar a velocidade do fluxo de ar passante através do efeito aerodinâmico de geração de regiões de baixa pressão e vórtices na saída do difusor. Porém, a formação de vórtices e zonas de baixa pressão ainda é considerada relativamente pequena.

**[0008]** Assim, do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

**[0009]** Em se tratando do conceito geral de difusor aerodinâmico, as soluções apresentadas no estado da técnica não solucionam completamente os problemas mencionados. Portanto, os difusores aerodinâmicos citados no documento não oferecem configurações geométricas que permitam gerar um aumento significativo na formação de vórtices e zonas de baixa pressão na saída do difusor. Logo, não há um aumento substancial da eficiência do aerogerador.

### **Sumário da Invenção**

**[0010]** Dessa forma, a presente invenção tem por objetivo resolver os problemas do estado da técnica a partir de um difusor potencializador para aerogeradores de eixo vertical dotado de uma geometria característica, capaz de aumentar o fluxo de massa de ar que passa pela turbina e, desse modo, maximizar as rotações das pás, além de reduzir a velocidade de vento necessário para que a turbina comece a rotacionar, ou seja, melhora o torque de partida.

**[0011]** Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta um difusor aerodinâmico para aerogerador de eixo vertical que compreende ao menos um primeiro elemento geométrico (11) dotado de uma seção linear de entrada (1) conectada a uma curvatura de entrada (2), que é conectada a uma seção linear de saída (3) sendo, por sua vez, conectada a uma curvatura de saída (4), em

que a dita curvatura de saída (4) é conectada a um flange (5).

**[0012]** Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um aerogerador de eixo vertical dotado de ao menos um rotor provido de eixo do rotor (8) que compreende ao menos um difusor aerodinâmico dotado de um primeiro elemento geométrico (11) e um segundo elemento geométrico (12) disposto simetricamente em relação ao eixo do rotor. (8)

**[0013]** Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta um processo de fabricação de difusor aerodinâmico que compreende as etapas de:

- a. confecção de ao menos um primeiro elemento geométrico (11) do difusor aerodinâmico;
- b. confecção de ao menos um segundo elemento geométrico (12) do difusor aerodinâmico;

em que, o segundo elemento geométrico (12) é simétrico ao primeiro elemento geométrico (11).

**[0014]** Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e serão descritos detalhadamente a seguir.

### **Breve Descrição das Figuras**

**[0015]** São apresentadas as seguintes figuras:

**[0016]** A figura 1 mostra uma vista superior em detalhe das seções do difusor da presente invenção.

**[0017]** A figura 2 mostra uma vista superior em detalhe do conjunto difusor aerogerador.

**[0018]** A figura 3 mostra uma vista em perspectiva frontal de uma concretização para um aerogerador dotado do difusor da presente invenção.

**[0019]** A figura 4 mostra uma vista em perspectiva posterior da referida concretização de aerogerador dotado do difusor da presente invenção.

**[0020]** A figura 5 mostra uma imagem de uma simulação computadorizada para determinação das condições de pressão e tensão da presente invenção.

**[0021]** A figura 6 mostra uma imagem de uma simulação computadorizada para determinação das linhas de fluxo da presente invenção.

**[0022]** A figura 7 mostra uma imagem de uma simulação computadorizada para determinação das condições de pressão e tensão no estado da técnica.

**[0023]** A figura 8 mostra uma imagem de uma simulação computadorizada para determinação das linhas de fluxo do estado da técnica.

**[0024]** A figura 9 mostra uma imagem de um teste realizado em túnel de vento para determinação da efetividade do difusor da presente invenção.

**[0025]** A figura 10 mostra o difusor aerodinâmico compreendido no estado da técnica.

### **Descrição Detalhada da Invenção**

**[0026]** A presente invenção descreve um difusor potencializador aerodinâmico com geometria otimizada aplicado em turbinas eólicas de eixo vertical, visando trazer diversos benefícios para o campo técnico em questão, visto que a invenção aqui proposta permite aumentar o fluxo de massa de ar que passa pela turbina e, desse modo, maximizar as rotações das pás, além de reduzir a velocidade de vento necessário para que a turbina comece a rotacionar. Nesse sentido, a presente invenção traz um difusor curvo com forma Venturi e flanges capaz de otimizar a eficiência aerodinâmica.

**[0027]** Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta um difusor aerodinâmico compreendendo ao menos um primeiro elemento geométrico (11) dotado de uma seção linear de entrada (1) conectada a uma curvatura de entrada (2), que é conectada a uma seção linear de saída (3) sendo, por sua vez, conectada a uma curvatura de saída (4), em que a dita curvatura de saída (4) é conectada a um flange (5).

**[0028]** No contexto da presente invenção, aerogerador de eixo vertical é qualquer componente capaz de converter energias mecânicas provindas da força do vento em outro tipo de energia, por exemplo, elétrica, de modo a

apresentar o eixo de rotação perpendicular à direção do vento incidente, por exemplo, na vertical.

**[0029]** Ademais, para fins da presente invenção, a palavra “conectada” refere-se a forma construtiva do difusor, ou seja, como as partes da geometria do difusor são construídas, de tal modo que podem ser confeccionada em um corpo contínuo, através da conformação do material, ou através da associação sequencial dos seguimentos individuais, por meio de uma união mecânica das partes, contudo não restrito a estes.

**[0030]** Em uma concretização, o difusor compreende ao menos um segundo elemento geométrico (12) simétrico ao primeiro elemento geométrico (11) em relação a um eixo do rotor (8) do aerogerador. O segundo elemento geométrico (12) disposto simetricamente ao primeiro elemento geométrico (11) reproduz a geometria de um tubo de Venturi com a adição de flanges. Esta configuração permite produzir vórtices proeminentes na saída do difusor, que aumentam o efeito sub-atmosférico e o vácuo consequente, acelerando o vento passante e, desta forma, produzindo mais energia.

**[0031]** A geometria do difusor foi baseada no tubo de Venturi e esta geometria permite concentrar localmente a expansão do fluxo de massa de ar, aumentando substancialmente a velocidade do vento. Essa geometria cria regiões de baixa pressão na seção de saída do difusor que são responsáveis pelo efeito aerodinâmico que aumenta a aceleração do vento passante.

**[0032]** O difusor aerodinâmico é disposto simetricamente a uma distância (D) em relação ao eixo (8) do aerogerador, permitindo que as pás (7) do aerogerador rotacionem livremente.

**[0033]** Em uma concretização, o difusor aerodinâmico compreende uma distância (D) entre o primeiro elemento geométrico (11) e o segundo elemento geométrico (12), em que as dimensões do difusor são proporcionais à referida distância (D), sendo as dimensões apresentadas na tabela 1 a seguir. Ademais, em uma concretização, são determinadas, também na tabela 1, as dimensões de ângulos de entrada e saída, além dos raios da curvatura de

entrada e saída do difusor. Foram determinadas faixas de dimensões em que o difusor da presente invenção apresente melhor eficiência, sendo tais faixas de dimensões proporcionais à distância (D) entre os dois lados do difusor.

**Tabela 1.** Dimensões do difusor desenvolvido

PARÂMETRO	SIGLA	DIMENSÃO
Altura do difusor	W	1,79*D (cm)
Largura do difusor	H	0,69*D (cm)
Comprimento do difusor	Lt	1,12*D (cm)
Largura do flange (5)	Hb	0,261*D (cm)
Afastamento da ponta	S	0,0625*D (cm)
Ângulo de entrada (convergente) *	$\Phi_c$	13,5°
Ângulo de entrada (divergente) *	$\Phi_d$	13,5°
Raio da curvatura de entrada (2)	R1	0,375*D (cm)
Raio da curvatura de saída (4)	R2	0,375*D (cm)
Comprimento seção linear de entrada (1)	C1	0,39*D (cm)
Comprimento seção linear de saída (3)	C3	0,23*D (cm)
Tipo de pá		NACA 0024

**[0034]** Em uma concretização, os ângulos de entrada (convergente) e saída (divergente) são independentes da distância D. Neste caso, as dimensões dos ângulos permanecem as mesmas independente da dimensão de D. Diversos valores de ângulos podem ser escolhidos, visto que os valores de ângulo de entrada e saída utilizados na presente invenção foram selecionados a partir do melhor resultado experimental obtido.

**[0035]** Os comprimentos de arco dos raios de curvatura da entrada (2) e saída (4) possuem a mesma dimensão. O comprimento de arco dos raios de curvatura é muito importante para o funcionamento do difusor, visto que eles contribuem para a aceleração do fluxo de ar, assim como para o aprimoramento no torque inicial da turbina. Deste modo, os valores dos raios selecionados descritos proporcionalmente a D contribuem diretamente com a

melhora da eficiência energética do conjunto difusor-aerogerador.

**[0036]** Em uma concretização, o difusor compreende adicionalmente de uma base (6) de geometria equivalente e associável a ao menos um dos elementos geométricos do difusor. Tal base tem a função de auxiliar o suporte do difusor, de modo que o difusor permaneça alinhado com o eixo do rotor (8).

**[0037]** Em segundo objeto, a presente invenção traz um aerogerador de eixo vertical dotado de ao menos um rotor provido de um eixo do rotor (8), que compreende ao menos um difusor aerodinâmico dotado de um primeiro elemento geométrico (11) e um segundo elemento geométrico (12) dispostos simetricamente em relação ao eixo do rotor (8).

**[0038]** Em uma concretização, o difusor associado ao aerogerador de eixo vertical é conforme descrito neste relatório.

**[0039]** O difusor aerodinâmico é disposto simetricamente a uma distância (D) em relação ao eixo (8) do aerogerador. Esta configuração permite que as pás (7) do aerogerador rotacionem livremente e, com a adição dos flanges (5), a eficiência aerodinâmica é otimizada.

**[0040]** Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta um processo de fabricação de difusor aerodinâmico, que compreende as etapas de:

- a. confecção de ao menos um primeiro elemento geométrico (11) do difusor aerodinâmico;
- b. confecção de ao menos um segundo elemento geométrico (12) do difusor aerodinâmico;

em que, o segundo elemento geométrico (12) é simétrico ao primeiro elemento geométrico (11).

**[0041]** Em uma concretização, o primeiro elemento geométrico (11) é geometricamente igual ao segundo elemento geométrico (12), sendo que a fabricação de ambos os componentes se dá de mesmo modo. Nesse sentido, para a montagem de um aerogerador, o primeiro (11) e o segundo (12) elemento geométrico são fabricados relativa ou totalmente iguais e

posicionados de modo a estarem simétricos em relação ao eixo do rotor do aerogerador.

**[0042]** A etapa de confecção dos referidos elementos geométricos se dá pela formação das partes que os compõe, onde a seção linear de entrada (1) é conectada à curvatura de entrada (2), a qual se conecta à seção linear de saída (3), sendo esta conectada à curvatura de saída (4) que se conecta ao flange (5).

**[0043]** Em uma concretização, as partes dos elementos geométricos são confeccionadas através de conformação mecânica em uma chapa contínua, de modo que a seção linear de entrada (1), a curvatura de entrada (2), a seção linear de saída (3), a curvatura de saída (4) e a flange (5) estão dispostas em uma única peça, de modo que não seja fracionada em partes. A chapa contínua é construída de forma que a curvatura de entrada (2) disponha de um raio de curvatura de entrada (R1) e a curvatura de saída (4) disponha de um raio de curvatura de saída (R2).

**[0044]** Em uma concretização, as partes dos elementos geométricos são confeccionadas através de união entre as partes, onde a seção linear de entrada (1) é acoplada mecanicamente na curvatura de entrada (2), a qual se liga da mesma forma à seção linear de saída (3), sendo esta atrelada à curvatura de saída (4) que se conecta ao flange (5). A parte que compreende a curvatura de entrada (2) é construída de modo que disponha de um raio de curvatura de entrada (R1) e a parte que compreende a curvatura de saída (4) é construída de forma que disponha de um raio de curvatura de saída (R2).

**[0045]** Ainda, para a confecção do primeiro (11) e do segundo elemento geométrico (12) são adotadas dimensões previamente definidas, sendo proporcionais à distância (D) existentes entre os elementos geométricos quando montados em um aerogerador. Em uma concretização, as dimensões utilizadas são apresentadas conforme tabela 1, mostrada anteriormente. Ainda nesta concretização, os raios e curvaturas de entrada e saída dos elementos geométricos estão, também, definidos na tabela 1.

### **Exemplo 1 – Difusor para aerogerador de eixo vertical**

**[0046]** Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

**[0047]** Nesta concretização foi confeccionado um difusor para aerogerador eólico de eixo vertical, sendo que o dito difusor foi confeccionado com as proporções expostas neste relatório. As figuras 1 e 2 ilustram estas proporções. O tipo de pá eólica utilizado no aerogerador foi o modelo NACA 0024. Esta concretização foi confeccionada para a realização de testes em túnel de vento para análise de suas características. As figuras 3 e 4 ilustram as vistas em perspectiva frontal e posterior do difusor. A tabela 2 a seguir mostra as dimensões do difusor.

**Tabela 2.** Dimensões do protótipo confeccionado

<b>PARÂMETRO</b>	<b>SIGLA</b>	<b>DIMENSÃO</b>
Distância entre os dois lados do difusor na garganta	D	8 (cm)
Diâmetro do rotor (7)	Dr	8 (cm)
Altura do difusor	W	1,79*D (cm)
Largura do difusor	H	0,69*D (cm)
Comprimento do difusor	Lt	1,12*D (cm)
Largura do flange (5)	Hb	0,261*D (cm)
Afastamento da ponta	S	0,5 (cm)
Altura do rotor (7)	Wr	7 (cm)
Ângulo de entrada (convergente)	$\Phi_c$	13,5°
Ângulo de entrada (divergente)	$\Phi_d$	13,5°
Raio da curvatura de entrada (2)	R1	3 cm
Raio da curvatura de saída (4)	R2	3 cm
Comprimento seção linear de entrada (1)	C1	0,39*D (cm)
Comprimento seção linear de saída (3)	C3	0,23*D (cm)
Tipo de pá		NACA 0024

**[0048]** Para fins de comparação nos experimentos, foi confeccionado um protótipo com as características geométricas e dimensões do estado da técnica, conforme ilustra a figura 10. O tipo de pá eólica utilizado no aerogerador foi o modelo NACA 0024. A tabela 3 a seguir mostra as dimensões do difusor do estado da técnica.

**Tabela 3.** Dimensões do estado da técnica.

PARÂMETRO	SIGLA	DIMENSÃO
Distância entre os dois lados do difusor na garganta	D	8 (cm)
Diâmetro do rotor (2)	Dr	7 (cm)
Altura do difusor (1)	W	1,79*D (cm)
Comprimento do difusor (1)	L	1,14*D (cm)
Largura do flange (1)	h	0,5*D (cm)
Afastamento da ponta	S	0,5 (cm)
Altura do rotor (7)	Wr	7 (cm)
Ângulo semiaberto do difusor (1)	$\Phi$	10°
Tipo de pá		NACA 0024

**[0049]** Para comparar o difusor desenvolvido com o estado da técnica, foram realizados dois tipos de experimentos. O primeiro experimento se baseava em simulação computacional por CFD (fluidodinâmica computacional), por meio de um software de simulação de túnel de vento virtual (Autodesk Flow Design). O segundo experimento se baseava em testes em túnel de vento.

**[0050]** No primeiro experimento, o objetivo era observar como a forma geométrica do difusor contribuía para uma maior intensidade da zona de baixa pressão na saída do difusor e onde o difusor recebia mais carga e pressão aerodinâmica. Além disso, também se identificou como a geometria do difusor influenciava nas distorções causadas por estas zonas de alta e baixa pressão. Quanto maior a distorção nas linhas de fluxo, maior é o efeito aerodinâmico causado por essas zonas de baixa pressão e pela formação e intensidade dos

vórtices. Os resultados estão ilustrados nas figuras 5 a 8.

**[0051]** No segundo experimento, os difusores foram submetidos a testes em um “túnel de vento de circuito aberto de baixa velocidade do tipo aspirador (*suckdown*)”. O dito túnel de vento está ilustrado na figura 9. O objetivo era avaliar o comportamento dinâmico do difusor no conjunto difusor e turbina eólica e medir as rotações por minuto (RPM) e o torque de partida (velocidade mínima para que a turbina comece a girar).

**[0052]** Para medir a velocidade do vento, foi utilizado um anemômetro digital portátil da marca *Incoterm* e, para medir as rotações por minuto (RPM), foi utilizado um tacômetro digital portátil ótico com mira laser da marca *Instrutherm*. A seção de testes no túnel de vento apresentava medidas de 250x260x700 mm (L x A x P), com comprimento total de 2000 mm. A velocidade do vento gerada pelo motor do túnel era controlada por um regulador de tensão monofásico da marca *Varivolt Variac*.

**[0053]** Para realizar os experimentos com o objetivo de analisar o instante do torque de partida da turbina, a turbina eólica com o difusor foi posicionada e lacrada na seção de teste, e, por meio do regulador de tensão, a velocidade do vento foi lentamente acelerada na seção. No instante em que o rotor da turbina começou a girar, o regulador de tensão foi travado, a turbina retirada da seção de testes e, no mesmo local onde a turbina se encontrava a uma distância de 445 mm da entrada do fluxo de vento, foi posicionado o anemômetro. Após isso, a seção de testes foi novamente lacrada. Após um tempo de aproximadamente 1 minuto, foi iniciado a aferição dos dados. Este intervalo de tempo é o tempo necessário para o fluxo de vento dentro da seção de testes se estabilizar.

**[0054]** Para realizar os experimentos de medição das rotações por minuto (RPM), o anemômetro foi posicionado junto à entrada de ar do difusor e a seção de testes foi lacrada. A entrada do escoamento de ar dentro da seção de testes foi iniciada pelo regulador de tensão. Quando alcançada a velocidade de vento desejada de 4 m/s, o regulador de tensão foi travado, o anemômetro

retirado da seção de testes, a turbina foi posicionada e a seção de testes foi novamente lacrada. Após um tempo de aproximadamente 2 minutos, tempo necessário para o escoamento de ar dentro da seção de testes se estabilizar, foi iniciado a aferição dos dados.

**[0055]** Os valores para o torque de partida foram medidos em m/s (metros por segundo), bem como o valor das rotações por minuto (RPMs) máximo (maior valor de rotação encontrado) e mínimo (menor valor de rotação encontrado), além da variação percentual dos RPMs em relação aos resultados encontrados nos testes com uma turbina eólica sem difusor acoplado. A tabela 4 a seguir mostra os resultados dos testes.

**Tabela 4.** Resultado dos experimentos

<b>Modelo do difusor</b>	<b>Torque de partida (m/s)</b>	<b>RPMs (max-min)</b>	<b>Variação (%)</b>
Turbina eólica sem difusor	2,7	533-412	--
Difusor estado da técnica	2,1	727-574	36,4 – 39,3
Difusor desenvolvido	0,8	1824-1683	242,2 – 308,5

**[0056]** A partir dos resultados, nota-se a melhoria proporcionada pelo difusor da presente invenção, como por exemplo, para a escala utilizada nos testes, em uma mesma condição de vento. O aerogerador compreendendo o difusor proposto pelos inventores é capaz de rotacionar 165% mais rápido, ocasionando maior geração de energia, além de melhorar o torque de partida começando a rotacionar com velocidade de vento 61,9% menor.

**[0057]** Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes e alternativas, abrangidas pelo escopo das reivindicações a seguir.

### Reivindicações

1. Difusor aerodinâmico para aerogerador de eixo vertical **caracterizado** por compreender ao menos um primeiro elemento geométrico (11) dotado de uma seção linear de entrada (1) conectada a uma curvatura de entrada (2), que é conectada a uma seção linear de saída (3) sendo, por sua vez, conectada a uma curvatura de saída (4), em que a dita curvatura de saída (4) é conectada a um flange (5).
2. Difusor aerodinâmico para aerogerador, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender ao menos um segundo elemento geométrico (12) simétrico ao primeiro elemento geométrico (11) em relação a um eixo do rotor (8) do aerogerador.
3. Difusor aerodinâmico para aerogerador, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **caracterizado** pelo fato de compreender uma distância (D) entre o primeiro elemento geométrico (11) e o segundo elemento geométrico (12), em que as dimensões do difusor são proporcionais à referida distância (D), sendo:

PARÂMETRO	SIGLA	DIMENSÃO
Altura do difusor	W	1,79*D (cm)
Largura do difusor	H	0,69*D (cm)
Comprimento do difusor	Lt	1,12*D (cm)
Largura do flange (5)	Hb	0,261*D (cm)
Comprimento seção linear de entrada (1)	C1	0,39*D (cm)
Comprimento seção linear de saída (3)	C3	0,23*D (cm)

4. Difusor aerodinâmico para aerogerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado** pelo fato de compreender as dimensões de ângulos de entrada e saída do difusor e raios da curvatura de entrada e saída do difusor, sendo:

PARÂMETRO	SIGLA	DIMENSÃO
Ângulo de entrada (convergente)	$\Phi_c$	13,5°

Ângulo de entrada (divergente)	$\Phi_d$	13,5°
Raio da curvatura de entrada (2)	R1	0,375*D cm
Raio da curvatura de saída (4)	R2	0,375*D cm

5. Difusor aerodinâmico para aerogerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado** por compreender adicionalmente ao menos uma base (6) de geometria equivalente e associável a ao menos um dos elementos geométricos do difusor.

6. Aerogerador de eixo vertical dotado de ao menos um rotor provido de eixo do rotor (8) **caracterizado** por compreender ao menos um difusor aerodinâmico dotado de um primeiro elemento geométrico (11) e um segundo elemento geométrico (12) dispostos simetricamente em relação ao eixo do rotor (8).

7. Aerogerador de eixo vertical, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de o dito difusor aerodinâmico ser conforme definido na reivindicação 1.

8. Processo de fabricação de difusor aerodinâmico **caracterizado** por compreender as etapas de:

- a. confecção de ao menos um primeiro elemento geométrico (11) do difusor aerodinâmico;
- b. confecção de ao menos um segundo elemento geométrico (12) do difusor aerodinâmico;

em que, o segundo elemento geométrico (12) é simétrico ao primeiro elemento geométrico (11).

9. Processo de fabricação de difusor aerodinâmico, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato de o difusor compreender uma distância (D) entre o primeiro elemento geométrico (11) e o segundo elemento geométrico (12), em que as dimensões dos referidos elementos são proporcionais à distância (D), sendo:

PARÂMETRO	SIGLA	DIMENSÃO
Altura do difusor	W	1,79*D (cm)
Largura do difusor	H	0,69*D (cm)
Comprimento do difusor	Lt	1,12*D (cm)
Largura do flange (5)	Hb	0,261*D (cm)
Comprimento seção linear de entrada (1)	C1	0,39*D (cm)
Comprimento seção linear de saída (3)	C3	0,23*D (cm)

10. Processo de fabricação de difusor aerodinâmico, de acordo com a reivindicação 8 ou 9, **caracterizado** pelo fato de compreender as dimensões de ângulos de entrada e saída do difusor e raios da curvatura de entrada e saída do difusor, sendo:

PARÂMETRO	SIGLA	DIMENSÃO
Ângulo de entrada (convergente)	$\Phi_c$	13,5°
Ângulo de entrada (divergente)	$\Phi_d$	13,5°
Raio da curvatura de entrada (2)	R1	0,375*D cm
Raio da curvatura de saída (4)	R2	0,375*D cm

FIGURAS

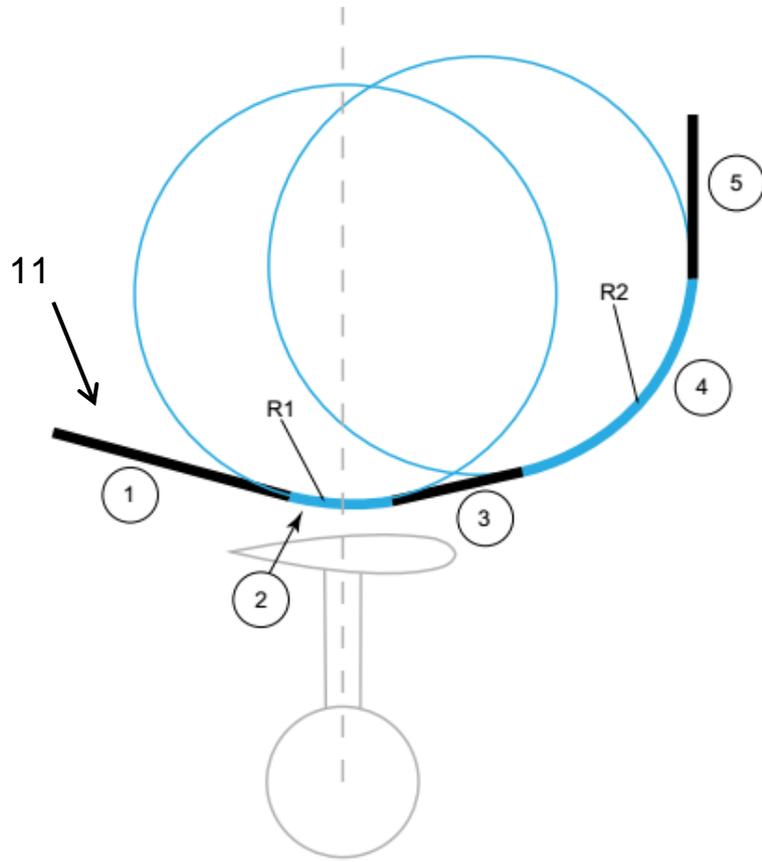


Figura 1

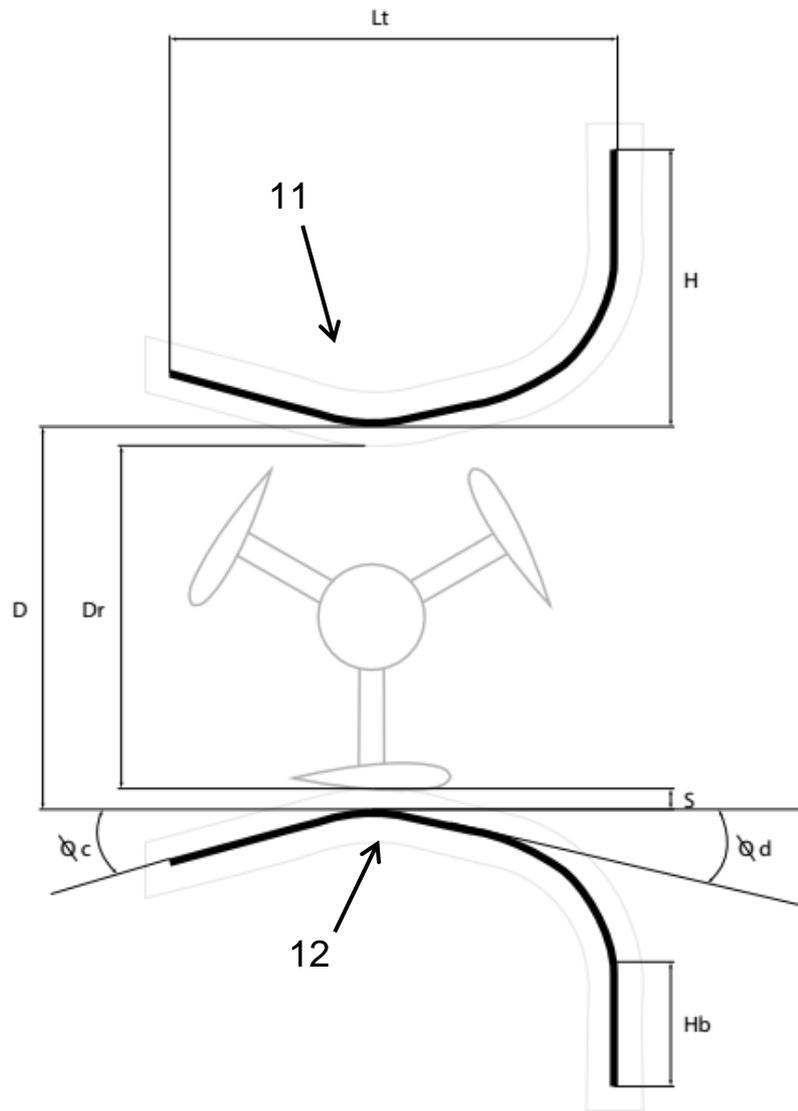


Figura 2

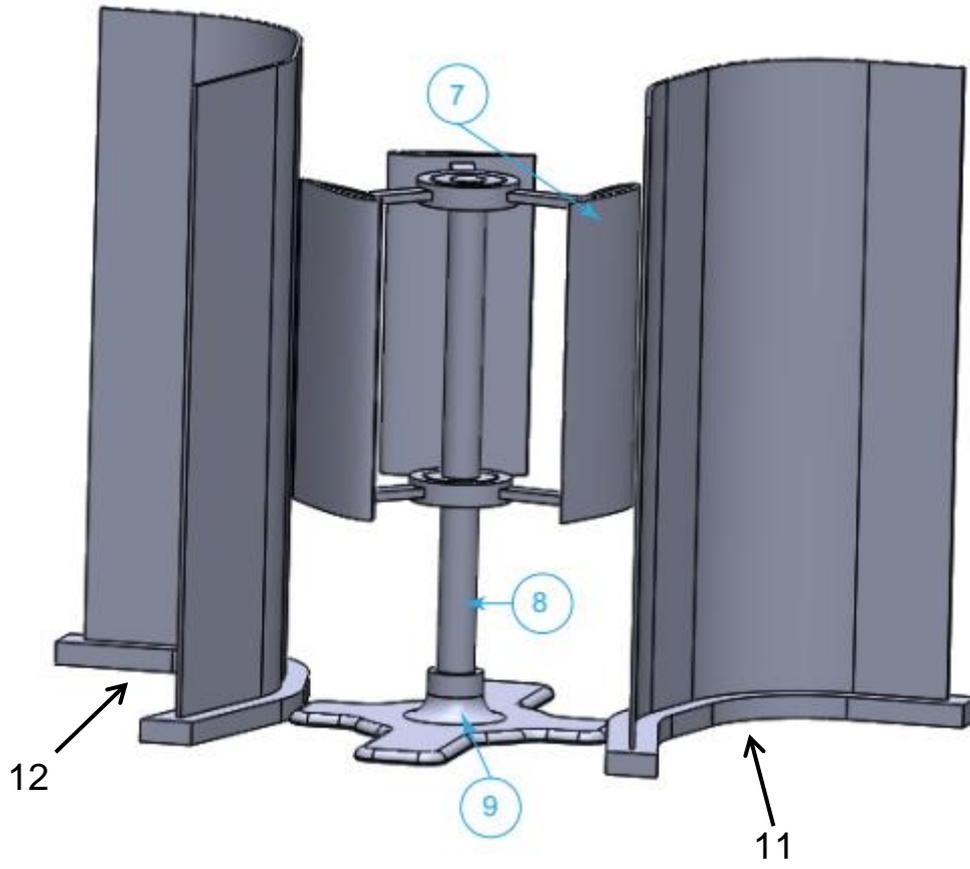


Figura 3

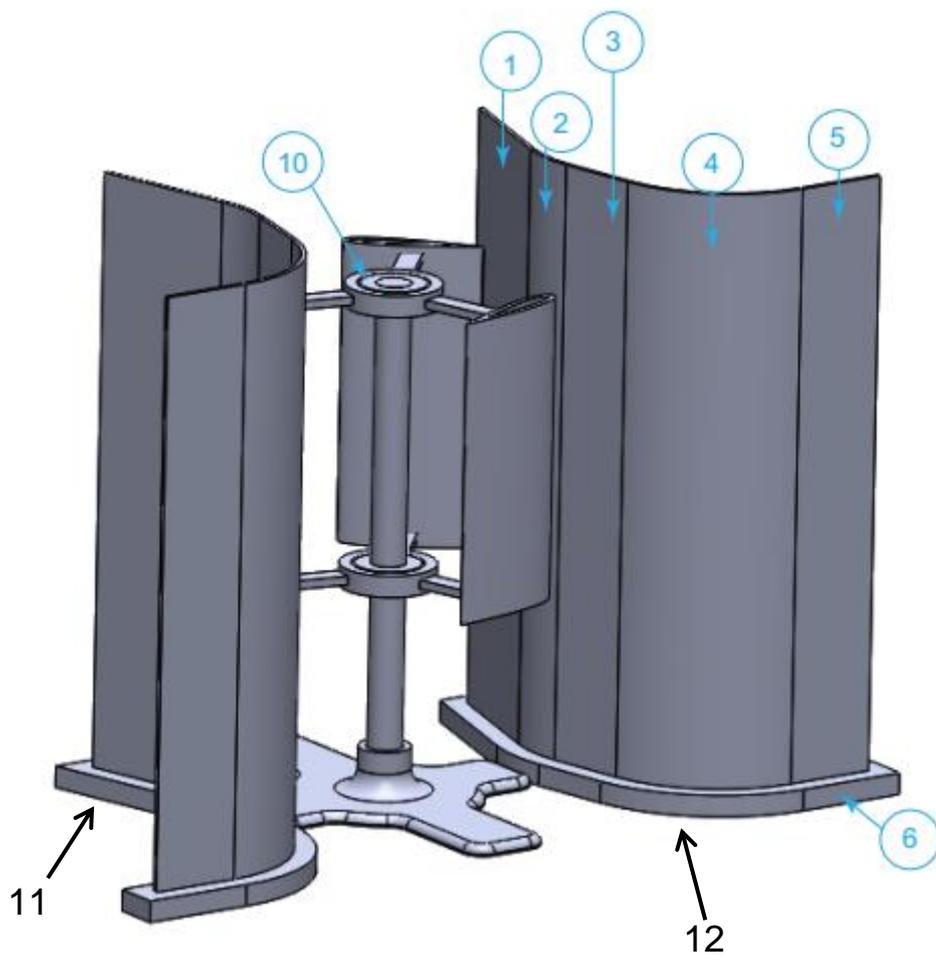


Figura 4

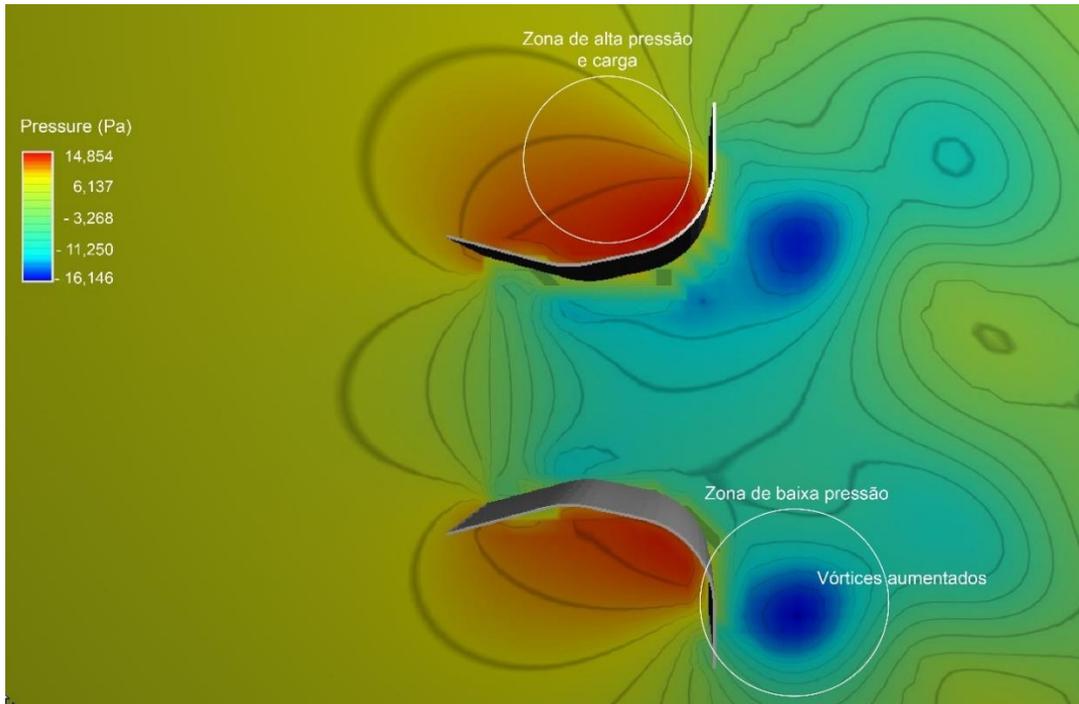


Figura 5

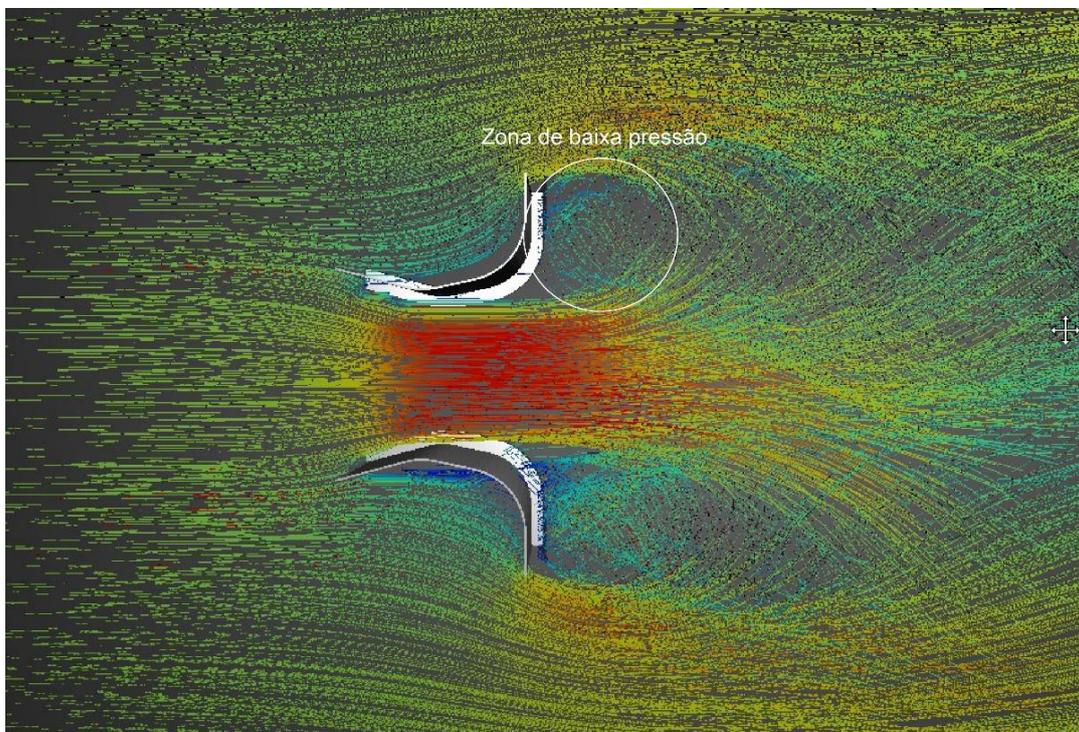


Figura 6

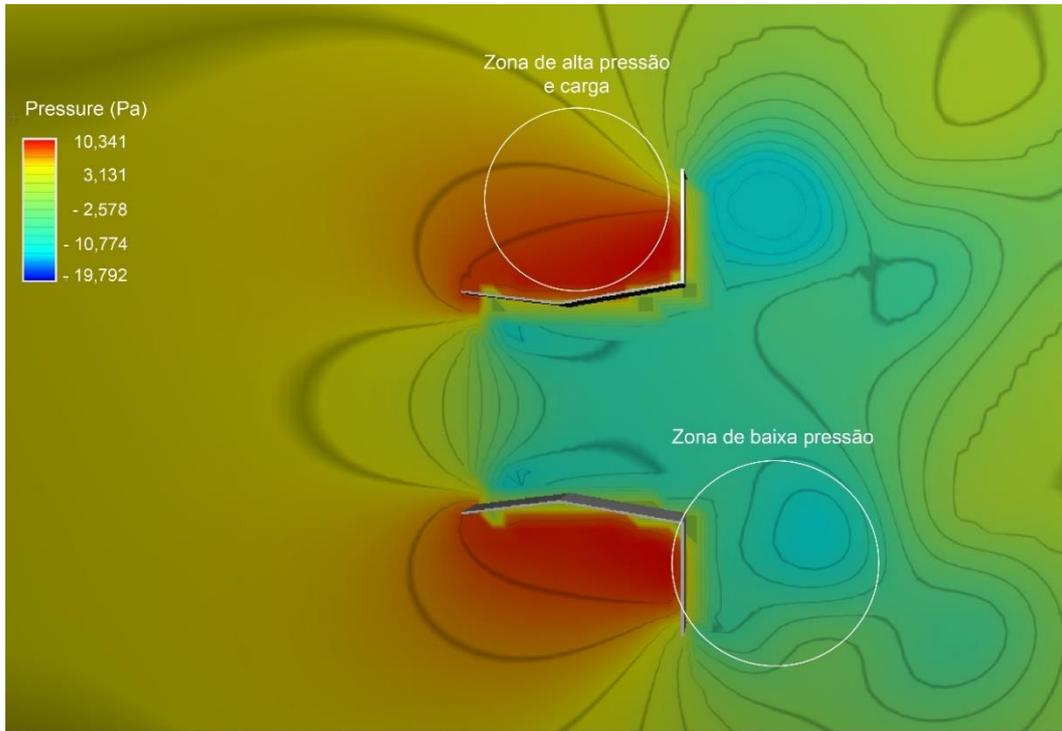


Figura 7

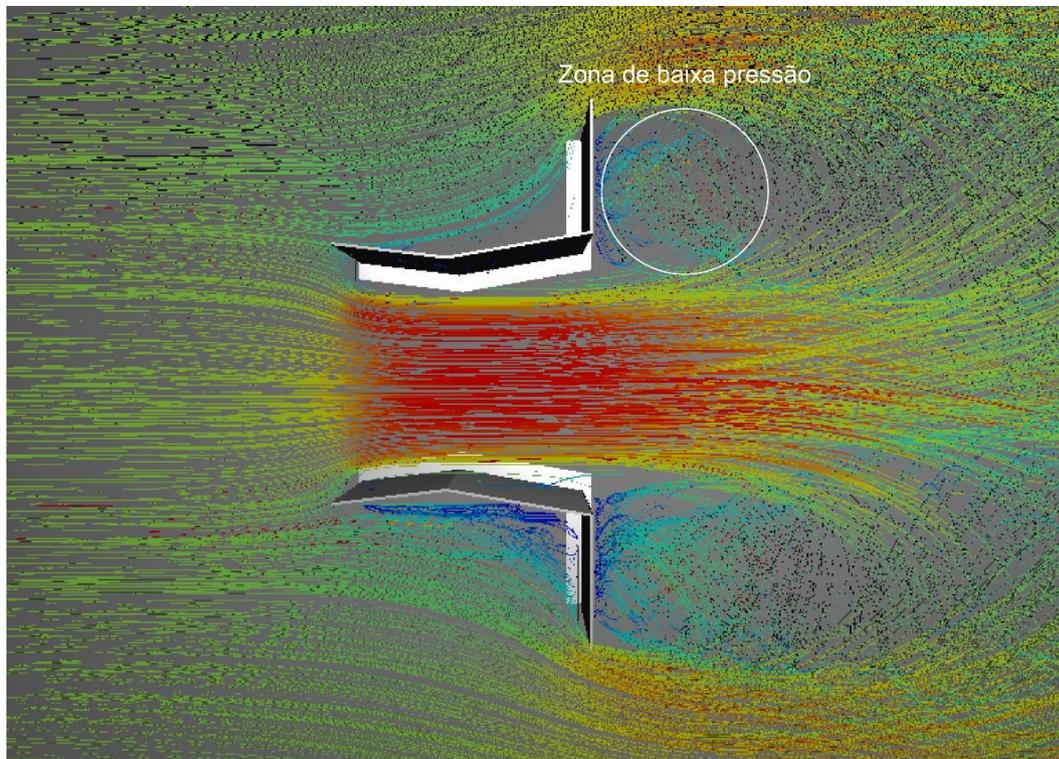


Figura 8



Figura 9

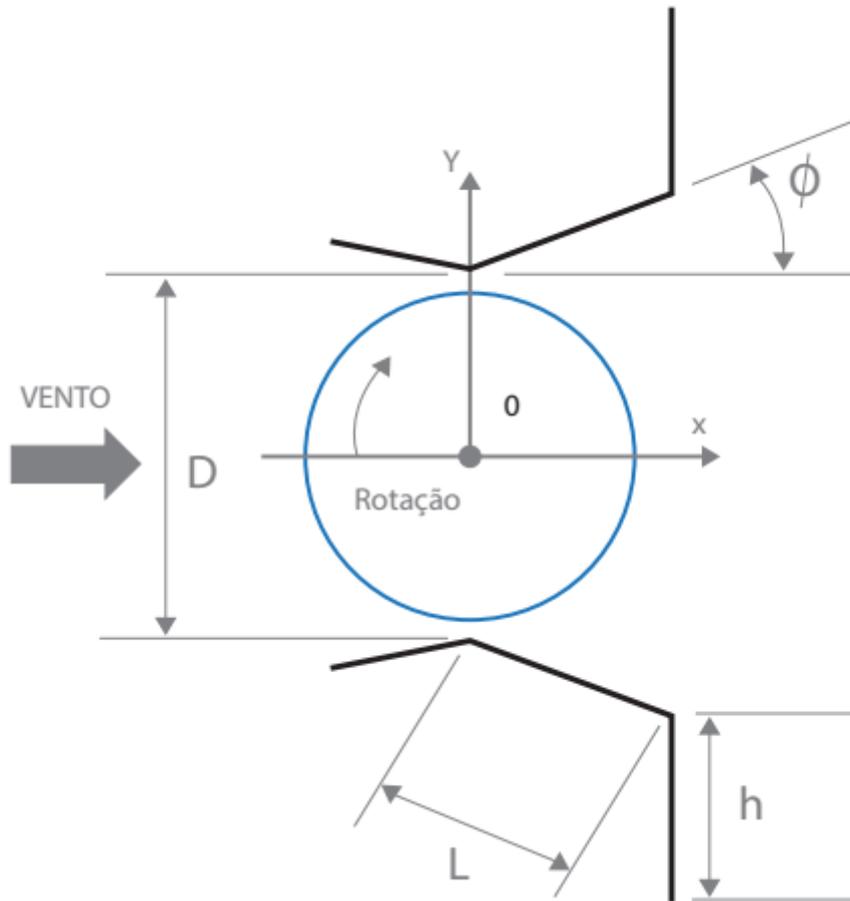


Figura 10 (Estado da Técnica)

**Resumo****DIFUSOR AERODINÂMICO PARA AEROGERADOR DE EIXO VERTICAL,  
AEROGERADOR DE EIXO VERTICAL E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE  
DIFUSOR AERODINÂMICO**

A presente invenção descreve um difusor aerodinâmico para uma turbina eólica de eixo vertical. Especificamente, a presente invenção compreende uma geometria de difusor curvo com forma Venturi e flanges capaz de otimizar a eficiência aerodinâmica das turbinas eólicas de microescala no seu menor torque de partida. O dito difusor impede a expansão do fluxo de ar que passa pelas pás da turbina eólica, concentrando localmente esse fluxo, aumentando substancialmente a velocidade do vento e o potencial energético da turbina. A presente invenção se situa nos campos da engenharia de energia e engenharia mecânica, voltada para área da fluidodinâmica.