



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 1107040-4 A2

(22) Data de Depósito: 30/11/2011

(43) Data da Publicação: 28/07/2015
(RPI 2325)



(54) Título: AEROFÓLIO

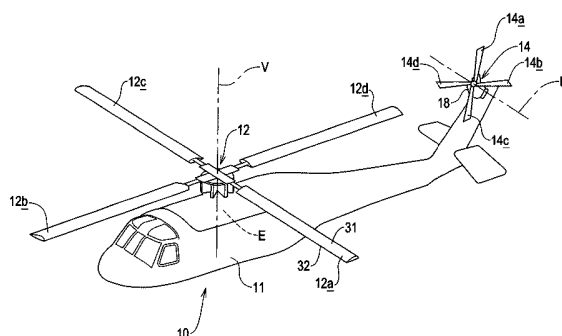
(51) Int.Cl.: B64C11/18; B64C11/20

(30) Prioridade Unionista: 02/12/2010 GB 1020426.1

(73) Titular(es): Westland Helicopters Limited

(72) Inventor(es): Alan Brocklehurst

(57) **Resumo:** AEROFÓLIO. Um aerofólio tem uma porção principal de seção transversal de aerofólio, uma extremidade de raiz no sentido do vão interna onde o aerofólio está em uso fixado a uma estrutura de suporte, e em uma extremidade no sentido do vão mais externo fora da porção principal, além de uma estação de ponta, uma região de ponta, e a região de ponta incluindo uma borda extrema, a configuração de forma de planta da borda extrema situada em uma primeira curva de Bezier construída a partir de pelo menos quatro pontos de controle P_1 , P_2 , P_3 e P_4 , os pontos de controle P_1 , P_2 , P_3 e P_4 estando individualmente situados na periferia de um polígono que limita a região de ponta, o ponto de controle de Bezier P_1 estando localizado em uma borda dianteira do aerofólio na estação de ponta, a qual está em uma posição no sentido do vão entre 93,5%R e 95,9%R, onde se encontram o primeiro e o segundo lado do polígono, o primeiro lado estando na estação de ponta que se estende perpendicularmente até um eixo de referência de hélice, que se estende no sentido do vão da porção principal do aerofólio, e o segundo lado sendo uma tangente em relação à borda dianteira do aerofólio no ponto de controle P_1 , que se estende entre o ponto de controle P_1 até uma posição onde o segundo lado encontram um terceiro lado do polígono de limite em uma posição no sentido para fora da borda extrema, o terceiro lado sendo paralelo ao primeiro lado e se estendendo entre a posição onde o terceiro lado encontra o segundo lado, até onde se encontram o terceiro lado e o quarto lado, o ponto de controle P_2 estando localizado no segundo lado em uma posição entre 30% e 80% ao longo do segundo lado a partir de P_1 , o ponto de controle P_3 estando localizado no terceiro lado em uma posição entre 30% e 90% ao longo do terceiro lado a partir de onde o segundo e o terceiro lado se encontram, e o ponto de controle P_4 estando localizado no ponto extremo de extremidade mais externa em uma borda traseira do aerofólio, onde R é o vão de aerofólio, efetivo.



AEROFÓLIODESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Esta invenção se refere a um aerofólio e mais especificamente, mas não exclusivamente, a um aerofólio rotativo ou hélice de rotor.

A invenção foi desenvolvida especificamente para uma hélice de rotor de um helicóptero, isto é, uma hélice de rotor de um rotor antitorque; ou rotor de cauda, e uma hélice de rotor de um sistema de rotor de sustentação principal de uma aeronave, porém a invenção pode ser aplicada a outros aerofólios, apenas como exemplo, uma pá de turbina eólica.

De acordo com um primeiro aspecto da invenção proporcionamos um aerofólio tendo uma porção principal de uma seção transversal de aerofólio, uma extremidade de raiz no sentido do vão interno onde o aerofólio, em uso, é fixado a uma estrutura de suporte, e uma extremidade no sentido do vão mais externo fora da porção principal, além de uma estação de ponta, uma região de ponta, e uma região de ponta incluindo uma borda extrema, a configuração de forma de planta da borda extrema situada em uma primeira curva de Bezier construída a partir de pelo menos quatro pontos de controle P1, P2, P3 e P4, cada um dos pontos de controle P1, P2, P3 e P4 situado na periferia de um polígono que limita a região de ponta, o ponto de controle de Bezier P1 estando localizado em uma borda dianteira do aerofólio na estação de ponta, que está em uma posição de vão entre 93,5%R e 95,9%R, onde se encontram o primeiro e o segundo lado do polígono, o primeiro lado estando na estação de ponta que se estende de forma perpendicular a um

eixo de referência de hélice, que se estende no sentido do vão da porção principal do aerofólio, e o segundo lado sendo uma tangente em relação à borda dianteira do aerofólio no ponto de controle P1, que se estende entre o ponto de controle P1 até uma posição onde o segundo lado encontra um terceiro lado do polígono de limite em uma posição no sentido para fora da borda extrema, o terceiro lado sendo paralelo ao primeiro lado e se estendendo entre a posição onde o terceiro lado encontra o segundo lado, até onde se encontram o terceiro lado e o quarto lado, o ponto de controle P2 estando localizado no segundo lado em uma posição entre 30% e 80% ao longo do segundo lado a partir de P1, o ponto de controle P3 estando localizado no terceiro lado em uma posição entre 30% e 90% ao longo do terceiro lado a partir de onde o segundo e o terceiro lado se encontram, e o ponto de controle P4 estando localizado no ponto extremo de extremidade mais externa em uma borda traseira do aerofólio, onde R é o vão de aerofólio efetivo.

No caso de um aerofólio fixo, o vão de aerofólio efetivo R é a distância a partir da extremidade de raiz até o ponto extremo de extremidade mais externa. Considerando o caso de um aerofólio rotativo tal como uma hélice de rotor, o diâmetro de varredura do sistema rotativo seja algumas vezes referido como o vão, nesse relatório descritivo onde o aerofólio é referido como um aerofólio rotativo tal como uma hélice de rotor, o vão de aerofólio efetivo é o raio de varredura a partir de um eixo de rotação adjacente à extremidade de raiz, até o ponto extremo de extremidade mais externa.

A presente invenção facilita o uso de software CAD

para projetar a configuração de borda extrema de um aerofólio. Vantagens a partir de qualquer de tais formatos de borda extrema também são realizadas em voo de avanço (no sentido da borda) onde o limite de perda de velocidade e os limites de compressibilidade que limitam a capacidade de transporte de carga e velocidade dos helicópteros podem ser rechaçados. A modelagem da borda extrema na forma da invenção também proporciona uma vantagem acústica.

Convenientemente, a curva de Bezier na qual se situa a configuração de forma de planta da borda extrema, é uma curva de Bezier cúbica definida por quatro pontos de controle. Contudo, uma curva de Bezier mais complexa pode ser construída, o que exigiria mais do que quatro pontos de controle.

Convenientemente, o polígono de limite é um trapézio embora outro polígono tipicamente de quatro lados possa limitar a região de ponta, em cada caso o ponto extremo de extremidade mais externa, e assim o ponto de controle P4, pode estar situado no terceiro lado do polígono, por exemplo, em uma modalidade, onde o terceiro lado encontra o quarto lado, ou em outra modalidade, entre o ponto de controle P3 e onde se encontram o terceiro e o quarto lados do polígono de limite.

Em uma modalidade, o quarto lado do polígono de limite é uma tangente a uma borda traseira do aerofólio onde o primeiro lado encontra a borda traseira; e o quarto lado que se estende entre onde o primeiro lado encontra a borda traseira e o quarto lado encontra o terceiro lado.

O segundo e o quarto lado podem, ou não precisam ser paralelos.

A borda extrema do aerofólio pode ter um canto de borda dianteira arredondada que se estende até uma parte de borda que se estende substancialmente de forma aerodinâmica, de modo que a borda extrema é de uma configuração de varredura para trás a partir do ponto de controle P1 na borda dianteira na estação de ponta.

Preferivelmente a configuração de forma de planta da borda traseira do aerofólio na região de ponta está situada em uma segunda curva de Bezier.

Em uma modalidade, por exemplo, aplicável a um rotor de cauda, a configuração de forma de planta da borda traseira do aerofólio na região de ponta está situada em uma segunda curva de Bezier construída a partir de pelo menos dois pontos de controle adicionais P5 e P8, o ponto de controle P5 estando localizado onde o primeiro lado do polígono de limite encontra a borda traseira, e o ponto de controle P8 estando localizado no ponto extremo da extremidade mais externa.

Assim, a segunda curva de Bezier entre os pontos de controle P5 e P8 pode ser uma linha reta que se estende geralmente paralela ao eixo de referência de hélice.

Em outra modalidade a configuração de forma de planta da borda traseira na região de ponta não é uma linha reta, mas é uma curva construída a partir de três pontos de controle P5, P6 e P8, o ponto de controle P6 estando localizado na intersecção da primeira e a segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira, a primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira sendo uma tangente em relação à borda traseira dentro da estação de ponta, no ponto de controle P5, a

primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira se estendendo em um ângulo de varredura do eixo de referência de hélice, e a segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira sendo uma linha que
 5 passa através do ponto de controle P8 no ponto extremo de extremidade mais externa e se estende em um ângulo até o eixo de referência de hélice que está entre 0 e até 1,5 vezes o ângulo de varredura, e preferivelmente entre 0 e o ângulo de varredura.

0 Em ainda outra modalidade, a segunda curva de Bezier pode ser construída a partir de quatro pontos de controle P5, P6, P7 e P8, o ponto de controle P6 estando localizado ao longo de uma primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira; que é uma tangente em relação à
 5 borda traseira dentro da estação de ponta, no ponto de controle P5, a primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira se estendendo em um ângulo de varredura em relação ao eixo de referência de hélice, e o ponto de controle P7 está localizado ao longo de uma
 0 segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira sendo uma linha que passa através do ponto P8 no ponto extremo de extremidade mais externa e se estende em um ângulo em relação ao eixo de referência de hélice que está entre 0 e até 1,5 vezes o ângulo de varredura, e
 5 preferivelmente entre 0 e o ângulo de varredura.

Assim, a borda traseira do aerofólio na região de ponta está, pode estar situada como a borda extrema, em uma curva de Bezier cúbica.

0 O ponto de controle P6 pode estar localizado ao longo da primeira linha de referência de ponto de controle de

borda traseira em uma posição entre 10% e 33% da extensão no sentido do vão da região de ponta a partir do ponto de controle P5, mas convenientemente não no sentido do vão no sentido para fora da intersecção da primeira e segunda
5 linha de referência de ponto de controle de borda traseira. O segundo ponto P7 pode estar localizado ao longo da segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira em uma posição entre 66% e 90% da extensão no sentido do vão da região de ponta a partir do ponto de
10 controle P5, mas não no sentido do vão para dentro da intersecção da primeira e segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira.

Mediante construção da primeira e segunda curva de Bezier mediante localização dos pontos de controle
15 respectivos nas posições conforme definido, uma região de ponta de um aerofólio pode ser projetada mais facilmente de modo a ter as características desejadas para propriedades específicas serem realizadas. Além disso, mudanças na configuração de região de ponta, durante teste paramétrico,
20 podem ser facilmente feitas.

Para a maioria das aplicações de aerofólio rotativo, um ângulo de varredura entre 0 e 30° é selecionado. Para um rotor de cauda com uma borda traseira reta o ângulo de varredura pode ser zero, porém para uma hélice de rotor de
25 um sistema de rotor de sustentação principal, o ângulo de varredura pode estar entre 20° e 30° onde a ponta do aerofólio está sujeita a elevadas unidades de velocidade de voo.

Para cada uma das modalidades descritas, se for
30 desejado, a região de ponta do aerofólio pode ter anédrico.

Tipicamente um aerofólio tem um plano de corda que se estende sobre o aerofólio entre a borda dianteira e a borda traseira ao menos sobre a porção principal do aerofólio. O anédrico pode seguir uma curva em um plano vertical que é perpendicular ao plano de corda, a curva estando entre as superfícies de pressão e de sucção do aerofólio sobre a região de ponta. A curva pode ser uma terceira curva de Bezier construída a partir de ao menos três pontos de controle P9, P10 e P12 no plano vertical. O plano de controle P12 pode estar localizado no sentido do vão do aerofólio na estação de ponta, e no plano de corda, enquanto que o ponto de controle P12 pode estar localizado no ponto extremo de extremidade mais externo, e o ponto de controle intermediário P10 estando localizado na intersecção da primeira, e segunda linha de referência de ponto de controle anédrico, a primeira linha de referência de ponto de controle anédrico sendo coincidente com o plano de corda, e a segunda linha de referência de ponto de controle anédrico passando através do ponto de controle P12 e se estendendo em um ângulo anédrico de ponta até o plano de corda, entre 4° e 30° .

Entretanto em outro exemplo, a curva seguida pelo anédrico é uma terceira curva de Bezier construída a partir de pelo menos quatro pontos de controle P9, P10, P11 e P12 no plano vertical. O ponto de controle P9 pode estar localizado no sentido do vão do aerofólio na estação de ponta, e no plano de corda, enquanto que o ponto de controle P12 pode estar localizado na borda extrema mais externa, com o primeiro ponto de controle intermediário P10 estando localizado ao longo de uma primeira linha de

referência de ponto de controle anédrico que é coincidente com o plano de corda, e um segundo ponto de controle intermediário P11 estando localizado em uma segunda linha de referência de ponto de controle anédrico que passa
5 através do ponto de controle P12 e se estende em um ângulo anédrico de ponta até o plano de corda, entre 4° e 30° .

No caso mencionado por último, o primeiro ponto de controle intermediário P10 pode estar localizado ao longo da primeira linha de referência de ponto de controle
10 anédrico em uma posição entre 20% e 55% da extensão de vão da região de ponta a partir do ponto de controle P9, mas não no sentido do vão na direção para fora da intersecção da primeira e segunda linha de referência de ponto de controle anédrico, e o segundo ponto de controle
15 intermediário P11 está localizado ao longo da segunda linha de referência de ponto de controle anédrico em uma posição entre 55% e 90% da extensão de vão da região de ponta a partir do ponto de controle P9, mas não no sentido de vão voltado para dentro da intersecção da primeira e segunda
20 linha de referência de ponto de controle anédrico.

Mais especificamente, preferivelmente o primeiro ponto de controle intermediário P10 está localizado ao longo da primeira linha de referência de ponto de controle anédrico em uma posição em aproximadamente 33% da extensão de vão da
-25- região de ponta a partir do ponto de controle P9, e o segundo ponto de controle intermediário P11 está localizado ao longo da segunda linha de referência de ponto de controle anédrico em uma posição em aproximadamente 66% da extensão de vão da região de ponta a partir do ponto de
30 controle P9.

Embora o grau de anédrico, isto é, o ângulo anédrico de ponta possa ser escolhido conforme exigido, tipicamente o ângulo anédrico está entre $4,4^\circ$ e 25° .

Será considerado que particularmente, mas não
5 exclusivamente para uma hélice de rotor de sustentação principal ou de cauda de helicóptero, a região de ponta se estenderá no sentido do vão por uma proporção relativamente menor do vão efetivo global. Por exemplo, a porção principal do aerofólio pode se estender a partir da
10 estrutura de suporte no sentido do vão por ao menos 75% do vão efetivo global do aerofólio.

O eixo de referência de hélice que se estende no sentido do vão da porção principal do aerofólio é tipicamente metade da espessura média da porção principal
15 do aerofólio. Se exigido, ao menos a porção principal do aerofólio tem uma torção de entre 0° e 16° ao longo da mesma em torno do eixo de referência de hélice.

Embora um aerofólio de acordo com a invenção possa ser um aerofólio fixo, pelo que queremos dizer um aerofólio que
20 não gira em relação a uma estrutura de suporte tal como a fuselagem de uma aeronave, a invenção é particularmente aplicável onde o aerofólio é fixado na extremidade de raiz a uma estrutura de suporte rotativa, por exemplo, é uma hélice de rotor para um helicóptero.

25 Em todo caso, embora o aerofólio possa incluir um painel de ponta localizado entre a porção principal do aerofólio e a região de ponta, o painel de ponta que se estende no sentido para fora em relação ao vão a partir de uma estação de painel de ponta entre 85%R e 88%R até a
30 estação de ponta.

Onde o eixo de referência de hélice está localizado em $0,25C$ onde C é o comprimento de corda da porção principal do aerofólio, e onde o painel de ponta tem uma borda dianteira que se estende no sentido para trás a partir da
5 estação de painel de ponta até a estação de ponta, a borda dianteira do aerofólio na estação de ponta pode estar localizada em, ou no sentido para trás de onde o eixo de referência de hélice intersecta a borda dianteira.

Entre o painel de ponta e a porção principal do
10 aerofólio pode haver uma região de mistura na qual a borda dianteira e a borda traseira da porção principal se misturam com as respectivas bordas, dianteira e traseira, do painel de ponta, a região de mistura se estendendo no sentido para fora em termos do vão a partir de uma estação
15 de região de mistura em aproximadamente $75\%R$ até a estação de painel de ponta. Ao menos as porções das bordas dianteiras de cada região de mistura e o painel de ponta, se desejado, podem se estender para frente da borda dianteira da porção principal do aerofólio.

20 Convenientemente ao menos porções das bordas dianteiras de cada uma da região de mistura e painel de ponta estão situadas em uma ou mais curvas de Bezier construídas a partir dos pontos de controle.

De acordo com um segundo aspecto da invenção
25 proporcionamos um método de prover um aerofólio que inclui uma porção principal da seção transversal de aerofólio, uma extremidade de raiz interna no sentido do vão onde o aerofólio está em uso fixada a uma estrutura de suporte, e em uma extremidade no sentido do vão para fora da porção
30 principal, além de uma estação de ponta, uma região de

ponta, e a região de ponta incluindo uma borda extrema, a configuração de forma de planta da borda extrema estando situada em uma primeira curva de Bezier; construída a partir de pelo menos quatro pontos de controle P1, P2, P3 e

5 P4, cada um dos pontos de controle P1, P2, P3 e P4 situado na periferia de um polígono que limita a região de ponta, o ponto de controle de Bezier P1 estando localizado em uma borda dianteira do aerofólio na estação de ponta, que é uma posição no sentido do vão entre 93,5%R e 95,9%R, onde o

10 primeiro e o segundo lados do polígono se encontram, o primeiro lado estando na estação de ponta que se estende perpendicularmente a um eixo de referência que se estende no sentido do vão da porção principal do aerofólio, e o segundo lado sendo uma tangente em relação à borda

15 dianteira do aerofólio no ponto de controle P1, que se estende entre o ponto de controle P1 até uma posição onde o segundo lado encontra um terceiro lado do polígono de limite em uma posição no sentido para fora da borda extrema, o terceiro lado sendo paralelo ao primeiro lado e

20 se estendendo entre a posição onde o terceiro lado encontra o segundo lado, até onde se encontram o terceiro lado e um quarto lado, o ponto de controle P2 estando localizado no segundo lado em uma posição entre 30% e 80% ao longo do segundo lado a partir de P1, o ponto de controle P3 estando

25 localizado no terceiro lado em uma posição entre 30% e 90% ao longo do terceiro lado a partir de P2, e o ponto de controle P4 estando localizado no ponto extremo de extremidade mais externa em uma borda traseira do aerofólio, onde R é o vão de aerofólio efetivo, o método

30 incluindo modelar a configuração de forma de planta da

borda extrema para seguir a primeira curva de Bezier.

O método do segundo aspecto da invenção pode incluir a provisão de qualquer uma das características do aerofólio do primeiro aspecto da invenção.

5 Modalidades da invenção serão descritas agora com referência aos desenhos anexos nos quais:

 A Figura 1 é uma vista ilustrativa de um helicóptero que tem um sistema de rotor de cauda antitorque incluindo quatro hélices de rotor de aerofólio cada uma delas de
10 acordo com a invenção, e um sistema de rotor de sustentação principal incluindo quatro hélices de rotor de aerofólio cada uma delas de acordo com a invenção;

 A Figura 2 é uma vista em perspectiva ilustrativa de uma hélice de rotor do sistema de rotor de cauda antitorque
15 do helicóptero da Figura 1;

 A Figura 3 é uma vista de forma de planta detalhada de parte de uma porção central, e a ponta, da hélice de rotor da Figura 2;

 A Figura 4 é uma vista traseira da extremidade externa
20 da hélice de rotor da Figura 2;

 A Figura 5 é uma vista em seção transversal ao longo da A-A da Figura 3, mostrando a seção transversal de aerofólio de uma porção central da hélice de rotor;

 A Figura 6 é uma vista em seção transversal ao longo
25 da linha B-B da Figura 3, mostrando a seção transversal de aerofólio onde se encontram a porção central e a ponta de hélice de rotor;

 A Figura 7 é uma vista de forma de planta de parte de uma hélice de rotor de aerofólio do sistema de rotor de
30 sustentação principal do helicóptero da Figura 1;

As Figuras 8a e 8b são modalidades alternativas mostrando anédrico na região de ponta da hélice da Figura 7;

As Figuras 9a a 9d ilustram bordas traseiras alternativas de um aerofólio de acordo com a presente invenção.

Com referência à Figura 1 dos desenhos, um helicóptero 10 inclui um corpo 11, o qual monta um sistema de rotor de sustentação principal 12 que inclui várias hélices de rotor de aerofólio 12a, 12b, 12c, 12d, quatro nesse exemplo, as quais giram em torno de um primeiro eixo rotativo geralmente vertical V, para realizar a força ascensional, e um sistema de rotor antitorque ou de cauda 14 que inclui quatro hélices de rotor de aerofólio 14a, 14b, 14c, 14d que giram em torno de um segundo eixo rotativo geralmente horizontal H.

A invenção pode ser aplicada às hélices de rotor 12a, 12b, 12c, 12d do sistema de rotor de sustentação principal 12 conforme será descrito abaixo com referência específica à Figura 7, mas será primeiramente descrito em relação a uma hélice de rotor 14a do sistema de rotor de cauda antitorque 14.

Com referência às Figuras 2 a 5, pode-se ver que a hélice de rotor 14a é de seção transversal de aerofólio sobre ao menos uma porção principal 16 da hélice 14a, que está no sentido do vão entre uma extremidade de raiz interna 17 e uma região de ponta 20. Na extremidade de raiz interna 17 a hélice 14a é fixada em uma estrutura de suporte 18 a qual em uso, é girada em torno de um eixo H por uma unidade de força, tal como um motor E do

helicóptero 10, por intermédio de uma transmissão adequada, como é bem sabido na técnica.

A curvatura da seção transversal de aerofólio é geralmente constante através da porção principal 16 da hélice 14a conforme ilustrado na Figura 5, porém em direção à região de ponta 20 da hélice 14a, a curvatura reduz, conforme ilustrado nas Figuras 5 e 6. A Figura 6 ilustra, em seção transversal, a curvatura em uma posição onde a porção principal 16 e a região de ponta 20 se encontram, isto é, em uma estação de ponta indicada pela linha B-B na Figura 3.

A Figura 4 mostra que a extremidade externa no sentido do vão da hélice 14a, isto é, a região de ponta 20, a espessura da hélice de aerofólio 14a, reduz a um mínimo.

A configuração de aerofólio da porção principal 16 no evento é projetada para prover elevada força de ascensão nas unidades de velocidade de voo subsônico médio, e a seção transversal de aerofólio constante da porção principal 16 se estende no sentido do vão da hélice 14a, até uma posição de aproximadamente 87% ao longo da hélice 14a nesse exemplo, que é uma posição próxima de onde é gerada a carga de hélice de pico. No exemplo, onde a invenção é aplicada a um aerofólio 10 que é uma hélice de rotor 14a de um sistema de rotor de cauda 14, essa posição equivalente a aproximadamente 87%R onde R é o vão de aerofólio efetivo, isto é, nesse exemplo, o raio de varredura a partir do eixo rotacional H até um ponto extremo de extremidade mais externa 33 da hélice 14a. No sentido do vão na direção para fora a partir de 87%R, a curvatura de aerofólio reduz, em direção e sobre a região

de ponta 20.

Nesse exemplo, a porção principal 16 e a região de ponta 20 se encontram em uma posição referida como a estação de ponta (linha B-B) que está em aproximadamente 94%R.

A hélice de rotor 14a, ao menos ao longo da porção principal 16, tem uma corda C entre uma borda dianteira 25 da hélice 14a, e uma borda traseira 26 da hélice 14a sobre a porção principal 16 da hélice 14a, ao longo de um plano de corda 34 que está entre as superfícies de sucção 31 e de pressão 32 do aerofólio 14a. A corda C nesse exemplo tem um comprimento de aproximadamente $R/5.409091$, isto é, a região de ponta 20 se estende no sentido do vão para 32,45% de corda. Assim a localização radial onde a porção principal 16 e a região de ponta 20 se encontram, isto é, a estação de ponta B-B, também pode ser expressa como em aproximadamente 6%R de largura a partir do ponto extremo de extremidade mais externa 33 que é de aproximadamente 100%R.

Entretanto, em outro exemplo, uma relação diferente entre R e C pode prevalecer. O vão da região de ponta 20 em vez de ser de 6%R, pode variar de aproximadamente 20%C a 35%C ou até mesmo mais para outro tipo de aerofólio, por exemplo, até 50%C.

Embora isso não seja facilmente evidente a partir dos desenhos, a hélice de rotor 14a tem alguma torção ao longo de um eixo de referência L de hélice estendida no sentido do vão que se estende longitudinalmente em relação à porção principal 16 da hélice 14a. O eixo de referência L de hélice é uma linha radial (se não houver deslocamento de retardo no sentido de corda) e está localizado normalmente

em $1/4$ C e na metade da espessura média da seção de aerofólio sobre a porção principal 16 da hélice 12a. A provisão de tal torção significa que a região de ponta 20 está mais "para baixo" do que a extremidade de raiz 17.

5 Contudo, no exemplo, essa torção não se estende por todo o vão da hélice 14a, mas apenas até aproximadamente 94%R, isto é, até a estação de ponta B-B onde a porção principal 16 e a região de ponta 20 se encontram.

A quantidade de torção pode ser algo entre 0° e 16° em
10 torno do eixo de radiofrequência L de hélice, e mais preferivelmente entre 0° e 12° , e no exemplo, aproximadamente 8° .

A borda dianteira 25 da hélice de rotor 14a se estende a partir da extremidade de raiz 17 até a região de ponta
15 20, e a borda traseira 26 no exemplo, se estende diretamente a partir da extremidade de raiz 17 por todo o vão da hélice 14a até o ponto extremo de extremidade mais externa 33. A região de ponta 20 tem em sua extremidade externa, uma borda extrema 28 que se estende a partir da
20 estação de ponta B-B na borda dianteira 25, onde a porção principal 16 e a região de ponta 20 se encontram, até o ponto extremo de extremidade mais externa 33 da borda traseira 26 da hélice 14a.

A borda extrema 28 tem um canto de borda dianteira
25 - avançada 29 que se estende a partir da estação de ponta B-B na borda dianteira 25 onde a porção principal 16 e a região de ponta 20 se encontram. O canto de borda dianteira avançada 29 é arredondado e suavemente combinado. Assim a borda extrema 28 é arredondada, e se estende para trás,
30 através do canto de borda dianteira 29 até uma parte de

borda no sentido do fluxo próxima 30, até o ponto extremo de extremidade mais externa 33 da hélice 14a. A tangência dessa parte de borda no sentido do fluxo próxima pode ser ortogonal em relação ao eixo L de referência de hélice ou
 5 pode manter uma varredura desejada até um ponto extremo de extremidade mais externa de varredura 33, para maximizar as vantagens acústicas.

O modelo de região de ponta 20 para uma aplicação de rotor de cauda 14a, por exemplo, na modalidade descrita com
 10 referência às Figuras 2 a 5, é um ajuste entre elevado passo nas velocidades médias de vôo durante ação de pairar e voo de baixa velocidade, e condições de velocidade superior de vôo, de incidência inferior na hélice de avanço. O formato da região de ponta 20 da hélice 14a da
 15 modalidade oferece um bom ajuste entre as exigências variáveis. No caso mencionado anteriormente, o modelo do canto de borda dianteira avançada 29, mediante arredondamento apropriado da curva evita-se o agrupamento de isóbaros, aliviando os gradientes de pressão adversos de
 20 outro modo severos que levariam à separação prematura e arrasto. Também se permite que o vórtice de ponta se desenvolva de forma limpa em torno da borda extrema externa 28, para proporcionar a maior eficiência em ação de pairar (mediante garantia de força mínima induzida através do
 - 25 - vórtice de ponta se deslocando o mais externamente possível, enquanto incorrendo-se em perdas mínima de viscosidade). Para estar de acordo com as condições na hélice de avanço 14a, a região de ponta 20 é projetada para aliviar os choques mediante afinamento da seção transversal
 30 da hélice 14a em direção e sobre a região de ponta 20, e

também empregando uma mistura de aerofólio a partir de espessura de 12% em 85%R a 9,4% de espessura na estação de ponta B-B em 94%R. O formato de varredura para trás geral da região de ponta 20, talvez com alguma varredura da borda extrema 28, se necessário, geralmente é suficiente para evitar deslocamento de choque além da região de ponta 20 para as hélices com relações de R/C, baixas.

Outra característica da hélice de rotor 14a é a provisão de anédrico na região de ponta 20, o que é apenas óbvio na Figura 4.

Esse anédrico modifica favoravelmente o carregamento de hélice local 14a na região de ponta 20, e aperfeiçoa a eficiência na ação de pairar do helicóptero 10. O anédrico é formado mediante "curvatura" do plano de corda de hélice 34 na região de ponta 20 em direção à superfície de pressão 32 da hélice 14a, no sentido contrário à superfície de sucção 31. No exemplo tal curvatura começa (no sentido do vão) a partir do início da região de ponta 20, em aproximadamente 90%R na estação de ponta B-B, e continua até a borda extrema 28. A quantidade de anédrico aplicado no exemplo é de aproximadamente -0,014C (o sinal de menos indicando curvatura o sentido para baixo) que é uma pequena quantidade, porém em outro exemplo um grau maior ou menor de anédrico pode ser empregado.

Conforme mencionado acima, no exemplo, conforme visto melhor na Figura 3, na vista de forma de planta, a borda extrema 28 à medida que se aproxima do ponto extremo de extremidade mais externa 33, se funde com uma parte de borda 30 que é reta (isto é, quase no sentido de fluxo ou geralmente perpendicular ao eixo longitudinal de hélice L.

Em outro exemplo a borda extrema inteira 28 pode ser curva a partir do início do canto avançado dianteiro 29, isto é, a partir da estação de ponta B-B na borda dianteira 25, até a borda extrema externa 33.

5 De acordo com a invenção, o formato efetivo (forma de planta) da borda extrema 28 acompanha, por exemplo, uma curva de Bezier cúbica, a qual é traçada utilizando no exemplo, quatro pontos de controle P1, P2, P3 e P4.

Pode ser visto a partir da Figura 3 que o primeiro
10 ponto de controle P1 está localizado no sentido do vão na borda dianteira 25 do aerofólio na estação de ponta B-B, isto é, no ponto externo da borda dianteira 25 da porção principal 16 da hélice 14a, isto é, no ponto ao longo da borda dianteira 25 onde a porção principal 16 e a região de
15 ponta 20 se encontram, por exemplo, em aproximadamente 94%R no exemplo, e na generalidade entre 93,5%R e 95,9%R, onde R é o vão efetivo do aerofólio. No exemplo do aerofólio de rotor de cauda 14a mostrado nos desenhos, o vão de aerofólio efetivo é o raio de varredura a partir de um eixo
20 de rotação adjacente à extremidade de raiz 17, até o ponto extremo de extremidade mais externa 33.

A linha B-B na estação de ponta, onde a região de ponta 20 e a porção principal 16 do aerofólio 14a se encontram, se estende ao longo de um primeiro lado S1 de um
25 polímero virtual o qual limita a região de ponta 20, o primeiro lado S1 se estendendo perpendicularmente até o eixo de referência de L de hélice. O polígono de limite nesse exemplo é um retângulo tendo um segundo lado S2, um terceiro lado S3 e um quarto lado S4, porém na generalidade
30 o polígono pode ter quatro lados e tipicamente um formato

de trapézio ou semelhante a trapézio, embora apenas o primeiro, o segundo e o terceiro lado S1, S2, S3 do polígono sejam exigidos para localização dos quatro pontos de controle P1-P4.

5 O segundo lado S2 do polígono de limite se estende ao longo de uma tangente até a borda dianteira 25 do aerofólio no primeiro ponto de controle P1, no exemplo no sentido do vão além da borda extrema 28, até uma posição onde o segundo lado intersecta o terceiro lado de polígono S3. O
10 terceiro lado de polígono S3 é paralelo ao primeiro lado de polígono S1, e se estende até uma posição onde o terceiro lado S3 intersecta o quarto lado de polígono S4. No exemplo, o quarto lado de polígono S4 é uma tangente em relação à borda traseira 26 do aerofólio 14a em uma posição
15 onde o primeiro lado S1 do polígono de limite e a borda traseira 26 se encontram.

 O segundo ponto de controle P2 está localizado ao longo do segundo lado S2 do polígono de limite, e mais especificamente em uma posição entre 30% e 80% da distância
20 ao longo do segundo lado a partir do primeiro ponto de controle P1. Assim, o segundo ponto de controle P2 está localizado além da borda extrema 28 no polígono de limite.

 O terceiro ponto de controle P3 está localizado ao longo do terceiro lado S3 do polígono de limite, e mais
25 especificamente em uma posição entre 30% e 90% da distância ao longo do terceiro lado de polígono S3 a partir de onde o segundo lado S2 e o terceiro lado S3 se encontram.

 O quarto ponto de controle P4 está localizado no polígono de limite no ponto extremo de extremidade mais
30 externa 33.

Será considerado que durante o projeto do aerofólio 14a, utilizando um sistema CAD/CAM, as posições pelo menos do segundo e do terceiro ponto de controle P2 e P3 podem ser mudadas facilmente para se obter uma configuração
5 específica de borda extrema de aerofólio 28. No exemplo, o segundo ponto de controle P2 é mostrado em uma posição de aproximadamente 40% ao longo do segundo lado S2 do polígono de limite a partir do primeiro ponto de controle P1, enquanto o terceiro ponto de controle P3 é mostrado no
10 exemplo em uma posição de aproximadamente 50% ao longo do terceiro lado S3 do polígono virtual. No exemplo, o segundo ponto de controle P2 está localizado no sentido para fora, no sentido do vão entre 95,3%R e 98,8%R, e preferivelmente em aproximadamente 98,035%R, e o terceiro ponto de controle
15 P3 está localizado no sentido para fora, no sentido do vão da borda extrema 28, nesse exemplo, em aproximadamente 99,0366%R.

Mediante colocação cuidadosa dos quatro pontos de controle de Bezier P1, P2, P3 e P4, a borda extrema 28 pode
20 ser traçada como uma curva de Bezier cúbica suave com a tangência desejada. Se desejado, uma curva de Bezier mais complexa pode ser construída a qual exigiria pontos de controle extras.

Em todo caso o formato da borda extrema 28 seguirá
25 àquele da curva de Bezier construída a partir dos quatro ou mais pontos de controle P1 a P4.

Embora no exemplo das Figuras 2 e 3, a borda dianteira
25 da porção principal 16 do aerofólio 14a se estende de forma reta até a região de ponta 20, em outro exemplo,
30 conforme será descrito abaixo com referência à Figura 7,

pode haver um painel de ponta intermediário entre a porção principal 16 e a região de ponta 20, de modo que a borda dianteira na estação de ponta B-B onde a região de ponta 20 começa, não precisa ser tal que o segundo lado S2 do polígono de limite virtual seja paralelo ao eixo de referência L de hélice, como no exemplo na Figura 3.

No exemplo até aqui descrito, o ponto extremo de extremidade mais externa 33 está localizado onde o terceiro e o quarto lados de polígono de limite S3 e S4 se encontram, esse sendo o caso porque no exemplo, a borda traseira 26 da região de ponta 20 é substancialmente reta. Em outro exemplo, outra vez como será descrito abaixo, e na generalidade, o ponto extremo de extremidade mais externa 33 estará situado no terceiro lado S3 do polígono de limite, e o ponto de controle P4 estará no terceiro lado de polígono S3 entre P3 e o ponto extremo de extremidade mais externa 33.

A configuração de borda traseira 39 sobre a região de ponta 20 também pode ser projetada para seguir uma curva de Bezier traçada utilizando pontos de controle.

No exemplo mostrado na Figura 3 dos desenhos, a borda traseira 39 sobre a região de ponta 20 é substancialmente reta, e pode ser traçada utilizando dois pontos de controle P5 e P8, cada um deles localizado no quarto lado S4 do polígono de limite.

A borda traseira reta 39 sobre a região de ponta 20 desse modo acompanha o que pode ser considerado como um tipo especial de curva de Bezier. A borda traseira 39 sobre a região de ponta 20 não precisa ser reta conforme mostrado, mas pode ser curva e seguir uma curva de Bezier

construída a partir de mais do que dois pontos de controle P5, P8, por exemplo, de três ou quatro pontos de controle.

Entretanto, no exemplo, o ponto de controle P5 está localizado no sentido do vão da hélice 14a entre 93,5%R e 95,9%R, por exemplo, preferivelmente na estação de ponta B-B (em 94%R) na borda traseira 39 onde o primeiro lado S1 e o quarto lado S4 do polígono de limite se encontram. O ponto de controle P8 está no exemplo localizado no ponto extremo de extremidade mais externa 33 e assim o ponto de controle P8 no exemplo está localizado no sentido do vão da hélice 14a substancialmente em 100%R, por exemplo, em 99,0366%R e onde o terceiro lado R3 e o quarto lado R4 do polígono de limite se encontram. Assim, no exemplo, onde a borda traseira 39 sobre a região de ponta 20 é reta, isto é, geralmente paralela ao eixo de referência L de hélice, o quarto ponto de controle P4 para construção da curva de Bezier a qual a borda extrema 28 acompanha, é coincidente com o ponto de controle P8 para construir a curva de Bezier (reta especial) para a borda traseira 39 sobre a região de ponta 20.

Embora no exemplo, o quarto ponto de controle P4 e o ponto de controle P8 sejam coincidentes, eles não precisam ser em outro exemplo.

O anédrico na região de ponta 20, na vista lateral de acordo com a Figura 4, pode seguir outra curva de Bezier, porém em um plano vertical que é perpendicular ao plano de corda 34. A Figura 4 é uma vista traseira da hélice de rotor de cauda 14a da Figura 3, o plano vertical nesse exemplo; onde a borda traseira 39 sobre a região de ponta 20 é reta; sendo coincidente com a borda traseira 26, da

porção principal 16, do aerofólio 14a; e a borda traseira 39 sobre a região de ponta 20.

O anédrico começa no exemplo da Figura 4, a partir da estação de ponta B-B, em aproximadamente 94%R.

5 A curva de Bezier a qual a curva anédrica segue, no exemplo, é construída a partir de três pontos de controle anédrico P9, P10 e P12, embora a curva de Bezier possa ser construída a partir de quatro pontos de controle conforme será descrito abaixo.

10 Em todo caso o ponto de controle anédrico P9 que é mais interno no sentido do vão, está localizado no plano de corda 34 na estação de ponta B-B, e assim é coincidente em termos de posição no sentido do vão com os pontos de controle P1 e P5. O ponto de controle anédrico 12 que é
15 mais externo no sentido do vão, no exemplo está localizado no sentido do vão para ser coincidente com o ponto extremo de extremidade mais externa 33, e assim com os pontos de controle P4 e P8.

Será considerado que o grau de anédrico, isto é, o
20 posicionamento do ponto extremo de extremidade mais externa 33 abaixo (nesse exemplo) do plano de corda 34, será decidido dependendo dos critérios funcionais de desenho do aerofólio 14a. Com referência à Figura 8a, em geral, o grau de anédrico, ou de ângulo anédrico α , é o ângulo entre uma
25 primeira linha de referência de ponto de controle anédrico 36a, a qual nesse exemplo é coincidente com o plano de corda 34, e uma segunda linha de referência de ponto de controle anédrico 36b que passa através do ponto extremo de extremidade mais externa 33; no ponto de controle anédrico
30 mais externo no sentido do vão P12, e o plano de corda 34.

Tal segunda linha de referência de ponto de controle anédrico 36b subtende um ângulo anédrico α entre 4° e 30° em relação ao plano de corda 34, e preferivelmente em um ângulo de entre $4,4^\circ$ e 25° .

5 O ponto de controle anédrico P10 intermediário aos pontos de controle anédrico mais interno no sentido do vão P9 e mais externo no sentido do vão P12 é indicado na Figura 8a como estando onde a primeira e a segunda linha de referência de ponto de controle anédrico 36a, 36 se cruzam,
 .0 que no presente exemplo é onde a segunda linha de referência de ponto de controle anédrico 36b cruza o plano de corda 34.

Utilizando três dos tais pontos de controle posicionados P9, P10 e P12, uma curva de Bezier pode ser
 .5 traçada a qual é a curva seguida pelo anédrico.

Se for desejado a curva de Bezier a qual o anédrico acompanha pode ser construída a partir de mais do que três pontos de controle. No exemplo da Figura 8b, quatro pontos de controle P9, P10, P11 e P12 são utilizados, com os
 .0 pontos de controle mais interno e mais externo no sentido do vão P9, P12 sendo posicionados como no exemplo da Figura 8a. Contudo, um primeiro ponto de controle anédrico intermediário P10 está localizado na primeira linha de referência de ponto de controle anédrico 36a, enquanto que
 5 o segundo ponto de controle intermediário P11 está localizado na segunda linha de referência de ponto de controle anédrico 36b, e nenhum deles onde a segunda linha de referência de ponto de controle anédrico 36b intersecta a primeira linha de referência de ponto de controle
 0 anédrico 36a.

Mais propriamente nesse exemplo, o primeiro ponto de controle anédrico intermediário P10, está localizado ao longo da primeira linha de referência de ponto de controle anédrico 36a que é coincidente com o plano de corda 34, em
 5 uma posição entre 20% e 55% da extensão no sentido do vão da região de ponta 20 a partir da estação de ponta B-B, e preferivelmente aproximadamente 33% dessa extensão no sentido do vão. Contudo, o primeiro ponto de controle anédrico intermediário P10 preferivelmente não está
 10 localizado no sentido do vão para fora além de onde a primeira e a segunda linha de referência de ponto de controle anédrico 36a, 36b se cruzam.

O segundo ponto de controle intermediário P11 está localizado ao longo da segunda linha de referência de ponto
 15 de controle anédrico 36b que passa através do ponto extremo de extremidade mais externa 33 em um ângulo anédrico de entre 4° e 30° , e preferivelmente entre $4,4^\circ$ e 25° , em uma posição entre 55% e 90% da extensão no sentido do vão da região de ponta 20 a partir da estação de ponta B-B e
 20 preferivelmente de aproximadamente 66% dessa extensão no sentido do vão. Contudo, o segundo ponto de controle anédrico intermediário P11 preferivelmente não está localizado no sentido para dentro além de onde a primeira e a segunda linha de referência de ponto de controle anédrico
 25 36a, 36b se cruzam.

Embora nos exemplos descritos, o aerofólio de rotor de cauda 14a seja provido com torção em torno do eixo de referência L de hélice, isso não é essencial e o aerofólio 14a poderia ser reto.

30 A colocação dos pontos de controle de Bezier P1 a P12;

conforme descrito acima; possibilita que a configuração de região de ponta 20 de um aerofólio seja projetada de forma singular. Além disso, software CAD pode ser facilmente utilizado para gerar superfícies de Bezier (ou mais precisamente B-Spline ou NURBS) a partir desses pontos de controle P1 a P12 conforme descrito.

O uso de pontos de controle de Bezier para determinar a borda extrema 28, borda traseira 39 (na região de ponta 20) e configurações de anédrico da hélice de rotor 14a, utilizando um pacote de software de desenho 3D, proporciona a pronta modificação ou redefinição das superfícies respectivas para otimização da configuração de região de ponta 20, mediante mudança das posições dos vários pontos de controle de Bezier dentro dos parâmetros definidos pelas reivindicações desse pedido, facilitando assim o uso da avaliação de desempenho aerodinâmico computacional.

Com referência à Figura 7, é ilustrado um aerofólio alternativo que é uma das hélices de rotor principal 12a-12d do sistema de rotor de sustentação principal 12 do helicóptero da Figura 1, isto é, a hélice de rotor principal 12a. Essa pode ou não ter torção em torno do eixo de referência L de hélice, conforme exigido.

Partes similares da hélice de rotor principal 12a à hélice de rotor de cauda 14a já descritas são indicadas com as mesmas referências. Como a hélice de rotor principal 12a é um aerofólio de um sistema rotativo 12 (como a hélice de rotor de cauda 14a das figuras anteriores), o vão de aerofólio efetivo R é o raio de varredura a partir do eixo de rotação V até o ponto extremo de extremidade mais externa 33.

A hélice de rotor principal 12a da Figura 7 tem uma porção principal 16 que se estende a partir da extremidade de raiz 17 em direção a uma região de ponta de hélice 20, porém de forma diferente da hélice de rotor de cauda 14a previamente descrita, a hélice de rotor principal 12a tem um painel de ponta TP entre a porção principal 16 da hélice 12a e a região de ponta 20. O painel de ponta TP se estende no sentido do vão para fora a partir de uma estação de painel de ponta DD em uma posição em aproximadamente 85%R a 88%R, até a estação de ponta B-B a qual conforme mencionado anteriormente está localizada em aproximadamente 94%R, e a qual mais geralmente pode estar localizada em 93,5%R a 95,9%R.

O painel de ponta TP tem uma borda dianteira 25a que varre no sentido para trás a partir da estação de painel de ponta D-D até a estação de ponta B-B, mas a borda dianteira 25a do painel de ponta TP na estação de painel de ponta D-D está no sentido para frente da borda dianteira 25 da porção principal 16 da hélice de rotor principal 12a. No exemplo, a borda dianteira 25a na estação de ponta B-B está posicionada no sentido para trás da borda dianteira 25a na estação de painel de ponta D-D.

Isso é obtido mediante provisão de uma região de mistura G entre a borda dianteira 25 da hélice de rotor principal 12a sobre a porção principal 16 da hélice 12a, que se estende sobre ao menos aproximadamente 75% do vão global da hélice de rotor principal 12a, e a borda dianteira 25a na estação de painel de ponta D-D. Assim, a região de mistura G se estende a partir de aproximadamente 75%R a aproximadamente 85%R até 88%R, e a borda dianteira

na região de mistura G, assim como parte da borda dianteira 25a do painel de ponta TP, se estendendo no sentido para frente da borda dianteira 25 sobre a porção principal 16 da hélice 12a.

5 Uma borda traseira 26a do painel de ponta TP se estende no sentido para trás a partir da estação de painel de ponta D-D até a estação de ponta B-B, porém ao menos no exemplo, a borda traseira da região de mistura de entre a porção principal 16 e a estação de painel de ponta D-D da
10 hélice é geralmente reta e corresponde à borda traseira 26 sobre a porção principal 16 da hélice 12a.

Evidentemente, a invenção pode ser aplicada às hélices de rotor com painéis de ponta TP (ou não) de dimensões variadas em relação às mostradas. O formato da curva
.5 que é seguido pela borda dianteira da região de mistura G e/ou borda dianteira 25a do painel de ponta TP, poderia ser construído como uma ou mais curvas de Bezier utilizando pontos de controle, como poderia a curva que é seguida pela
borda traseira 26a do painel de ponta TP, embora esteja
10 dentro do escopo da invenção que essas curvas sejam construídas de outro modo.

De acordo com a presente invenção, a borda extrema 28 da região de ponta 20 segue uma curva que é construída como uma curva de Bezier a partir de quatro pontos de controle
15 P1, P2, P3 e P4 do mesmo modo como descrito acima para a borda extrema 28 da região de ponta 20 da hélice de rotor de cauda 14a. Contudo, nesse exemplo, o polígono de limite no qual os pontos de controle P1 a P4 estão situados é de uma configuração diferente em relação ao retângulo conforme
20 é o caso ilustrado, por exemplo, na Figura 3.

O polígono de limite que limita a região de ponta 20 da hélice de rotor principal 12a é, outra vez, um trapézio e o primeiro e o terceiro lado S1 e S3 são paralelos e ortogonais ao eixo de referência L de hélice. O segundo e o
 5 quarto lado S2 e S4, no exemplo, são paralelos entre si, mas se estendem em um ângulo de varredura β em relação ao eixo de referência L de hélice, porém em outra modalidade, o segundo e o quarto lado S2 e S4 não precisam ser paralelos.

.0 O primeiro ponto de controle P1 está localizado no polígono de limite na borda dianteira 25a na estação de ponta B-B, e o ponto de controle P4 está localizado no ponto extremo de extremidade mais externa 33 da hélice de rotor principal 12a.

.5 O primeiro ponto de controle intermediário P2 está localizado ao longo do segundo lado S2 do polígono de limite, entre onde o segundo lado S2 intersecta o primeiro e o terceiro lado de polígono de limite S1 e S3, em uma posição entre 30% e 80% da extensão do segundo lado S2 a
 0 partir do primeiro ponto de controle P1.

O segundo lado de polígono de limite S2 é uma tangente em relação à borda dianteira 25a no primeiro ponto de controle P1 na estação de ponta B-B.

O terceiro ponto de controle P3 está localizado ao
 5 longo do terceiro lado S3 do polígono de limite entre onde o terceiro lado S3 intersecta o segundo e o quarto lado de polígono, em uma posição entre 30% e 90% da extensão do terceiro lado a partir da intersecção do terceiro lado S3 e segundo lado S2 do polígono de limite.

0 Assim, como com a borda extrema 28 da hélice de rotor

de cauda 14a, a borda extrema 28 da hélice de rotor principal 12a é projetada mais facilmente utilizando os sistemas CAD/CAM para obter uma funcionalidade de modelo desejada.

5 A borda traseira 39 da região de ponta 20 da hélice de rotor principal 12a segue uma curva de Bezier que é construída a partir de dois pontos de controle P5 e P8, localizados respectivamente mais interno no sentido do vão e mais externo no sentido do vão, e um ou dois pontos de controle intermediários P6 e P7. Na Figura 7, quatro pontos de controle P5 a P8 são usados, com o ponto de controle mais interno no sentido do vão P5 estando localizado na borda traseira 26a na estação de ponta B-B, e o ponto de controle mais externo no sentido do vão P8 estando
10 localizado no ponto extremo de extremidade mais externa 33.

Um primeiro ponto de controle intermediário P6 está localizado ao longo de uma primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira 39a que é uma tangente em relação à borda traseira 26a na estação de ponta B-B.
20 Mais especificamente, a tangente está para a borda traseira de painel de ponta 26a na estação de ponta B-B. Essa primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira 39a subentende um ângulo em relação ao eixo de referência L de hélice que é o ângulo de varredura β . No exemplo da Figura 7, a primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira 39a está assim em congruência com o quarto lado do polígono de limite no qual os pontos de controle P1 a P4 para construir a curva de Bezier na borda extrema 28, estão localizados.

30 O ângulo de varredura β tipicamente é de até 30° em

relação ao eixo de referência de hélice. Evidentemente no exemplo da hélice de rotor de cauda 14a descrita com referência à Figura 3, o ângulo de varredura β é zero, isto é, a borda traseira 39 na região de ponta 20 subentende um
 5 ângulo de zero em relação ao eixo de referência L de hélice. Na generalidade, o ângulo de varredura β pode ser algo ente zero e aproximadamente 30° .

O ângulo de varredura β das bordas dianteira e traseira da região de ponta 20 pode ser diferente para
 10 acomodar o afilamento do painel de ponta.

O ponto de controle P6 está localizado preferivelmente entre 10% e 33% da extensão no sentido do vão da região de ponta 20 a partir da estação de ponta B-B, mas não no sentido do vão para fora além de onde a primeira linha de
 15 referência de ponto de controle de borda traseira 39a se cruza com uma segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira 39b ao longo da qual está localizado o ponto de controle P7.

A segunda linha de referência de ponto de controle de
 20 borda traseira 39b passa através do ponto extremo de extremidade mais externa 33 e, portanto, ponto de controle P8, e subentende um ângulo em relação ao eixo de referência L de hélice que está entre zero e o ângulo de varredura β ou mais geralmente, um ângulo entre zero e 1,5 vezes o
 25 ângulo de varredura β . O segundo ponto de controle intermediário P7 está localizado ao longo da segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira 39b em uma posição entre 66% e 90% da extensão no sentido do vão da região de ponta 20 a partir da estação de ponta B-B, mas
 30 não no sentido do vão para dentro além da intersecção com a

primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira.

As Figuras 9b e 9d ilustram configurações alternativas de borda traseira 39 que variará de acordo com a posição do ponto de borda traseira mais externa 33, e assim a posição do ponto de controle P8, e o posicionamento dos pontos de controle intermediários P6 e P7 ao longo de suas respectivas linhas de referência de ponto de controle de borda traseira 39a, 39b. As Figuras 9a e 9c ilustram configurações alternativas de borda traseira 39 onde apenas um ponto de controle intermediário P6 é usado para construir a curva de Bezier seguida pela borda traseira 39.

Na Figura 9a pode ser visto que o (único) ponto de controle intermediário P6 está localizado na intersecção das duas de referência de ponto de controle de borda traseira 39a, 39b. Nesse exemplo, a borda traseira 26a do painel de ponta adjacente TP é curva, e o ponto extremo de extremidade mais externa 33 está posicionado, de tal modo que a tangente na estação de ponta B-B, isto é, a primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira 39a cruza a segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira 39b em uma posição no sentido da corda para fora e no sentido para trás da curva de Bezier que é construído utilizando aqueles três pontos de controle P5, P6 e P8.

Comparando isso com a configuração mostrada na Figura 9c, nesse arranjo o ponto extremo de extremidade mais externa 33 está posicionado no sentido da corda mais distante no sentido para fora, no sentido para trás, embora a curva da borda traseira adjacente 26a do painel de ponta

TP seja similar ao da Figura 9a. Contudo, como o resultado da primeira e segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira 39a, 39 se intersectando em uma posição que está no sentido da corda para dentro da curva de Bezier que é construído utilizando os três pontos de controle P5, P6 e P8. Pode ser visto na Figura 9c que a borda traseira do aerofólio desse modo se curva em um sentido sobre a borda traseira 26a do painel de ponta TP, e inverte sua direção de curva sobre a borda traseira 39 sobre a região de ponta 20.

Na Figura 9b, outra vez a intersecção da primeira e da segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira 39a, 39b está no sentido da corda para fora, para trás da curva de Bezier construída utilizando os quatro pontos de controle P5, P6, P7 e P8, enquanto que na Figura 9B, a intersecção é como no caso ilustrado na Figura 9c, no sentido para dentro da corda da curva de Bezier que é construída utilizando os quatro pontos de controle P5 a P8.

No caso da segunda curva de Bezier que é seguida pela borda traseira 39 sobre a região de ponta 20 sendo uma curva de Bezier cúbica construída a partir de quatro pontos de controle, se desejado, o primeiro ponto de controle de Bezier de borda traseira intermediária P6 pode estar localizado no sentido do vão da hélice 12a entre 94,6%R e 96,5%R, por exemplo, em 95,44%R, e o segundo ponto de controle P7 de Bezier de borda traseira intermediária pode estar localizado no sentido do vão da hélice 14a entre 96,5%R e 98,4%R, por exemplo, em 97,47%R.

A hélice de rotor principal 12a descrito em relação à Figura 7 pode ter anédrico sobre a região de ponta 20, que

segue uma curva em um plano vertical, exatamente da mesma maneira como descrito com relação ao anédrico da hélice de rotor de cauda 14a descrita acima. Assim, a ilustração da Figura 8a que indica como a curva anédrica pode acompanhar uma curva de Bezier construída a partir de três pontos de controle P9, P10 e P12 é aplicável para prover anédrico à hélice de rotor principal 12a, como na configuração alternativa da Figura 8b.

Nesse arranjo mencionado por último, a curva anédrica da hélice principal 12a acompanha uma curva de Bezier adicional construída utilizando quatro pontos de controle anédrico P9, P10, P11, P12 mais propriamente do que os três da Figura 8a.

O ponto de controle anédrico mais interno no sentido do vão P8 está localizado onde o plano de corda 34 cruza a estação de ponta B-B, e o ponto de controle mais externo no sentido do vão P12 está localizado no ponto extremo de extremidade mais externa 33 cuja posição é decidida como uma questão de modelo de hélice fundamental.

A partir do acima, será considerado que uma gama de aerofólios pode ser produzida com bordas de ponta de configuração variável dependendo do posicionamento selecionado dos respectivos quatro pontos de controle, mas que em cada caso, o formato da borda extrema acompanhará a primeira curva de Bezier.

Preferivelmente, a borda traseira 39 sobre a região de ponta 20, e/ou o formato anédrico podem ser configurados para acompanhar a respectiva segunda curva de Bezier e/ou curvas de Bezier adicionais embora uma gama de diferentes configurações de anédrico e/ou borda posterior possa ser

obtida seguindo-se as curvas de Bezier. Além disso, a invenção pode ser aplicada a um rotor de cauda, a um aerofólio de rotor principal e na realidade é uma ampla variedade de outros aerofólios que podem ser aerofólios fixos, isto é, fixos em relação a uma estrutura de suporte tal como a fuselagem de uma aeronave, e aerofólios que são sustentados por um sistema rotativo, tais como aerofólios de rotor, turbinas e semelhantes.

Uma avaliação computacional das hélices de rotor exemplares 14a e 12a descritas nesse pedido indica que essas configurações de hélice 14a, 12a oferecem vantagens significativas em relação às hélices de rotor conhecidos, em termos de eficiência da ação de pairar (do helicóptero ao qual são montadas as lâminas de rotor 14a, 12a) e em retardar o aumento de potência no início da perda de velocidade.

As características reveladas na descrição precedente, ou nas reivindicações seguintes, ou nos desenhos anexos, expressas em suas formas específicas ou em termos de um meio para realizar a função revelada, ou um método ou processo para se obter o resultado revelado, conforme apropriado podem ser, separadamente, ou em qualquer combinação de tais características, utilizadas para realizar a invenção em suas diversas formas.

REIVINDICAÇÕES

1. Aerofólio caracterizado por ter uma porção principal de seção transversal de aerofólio, uma extremidade de raiz no sentido do vão interno onde o
5 aerofólio, em uso, é fixado a uma estrutura de suporte, e uma extremidade no sentido do vão mais externo, fora da porção principal, além de uma estação de ponta, uma região de ponta, e a região de ponta incluindo uma borda extrema, a configuração de forma de planta da borda extrema situada
10 em uma primeira curva de Bezier construída a partir de pelo menos quatro pontos de controle P1, P2, P3 e P4, cada um dos pontos de controle P1, P2, P3 e P4 situado na periferia de um polígono que limita a região de ponta, o ponto de controle de Bezier P1 estando localizado em uma borda
15 dianteira do aerofólio na estação de ponta, que está em uma posição no sentido do vão entre 93,5%R e 95,9%R, onde se encontram o primeiro e o segundo lado do polígono, o primeiro lado estando na estação de ponta que se estende de forma perpendicular a um eixo de referência de hélice, que
20 se estende no sentido do vão da porção principal do aerofólio, e o segundo lado sendo uma tangente em relação à borda dianteira do aerofólio no ponto de controle P1, que se estende entre o ponto de controle P1 até uma posição onde o segundo lado encontra um terceiro lado do polígono
25 de limite em uma posição no sentido para fora da borda extrema, o terceiro lado sendo paralelo ao primeiro lado e se estendendo entre a posição onde o terceiro lado encontra o segundo lado, até onde se encontram o terceiro lado e o quarto lado, o ponto de controle P2 estando localizado no
30 segundo lado em uma posição entre 30% e 80% ao longo do

segundo lado a partir de P1, o ponto de controle P3 estando localizado no terceiro lado em uma posição entre 30% e 90% ao longo do terceiro lado a partir de onde o segundo e o terceiro lado se encontram, e o ponto de controle P4 estando localizado no ponto extremo de extremidade mais externa em uma borda traseira do aerofólio, onde R é o vão de aerofólio efetivo.

2. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a curva de Bezier na qual a configuração de forma de planta da borda extrema da região de ponta está situada é uma curva de Bezier cúbica.

3. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o polígono de limite é um trapézio.

4. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o quarto lado do polígono de limite é uma tangente a uma borda traseira do aerofólio onde o primeiro lado encontra a borda traseira, e o quarto lado que se estende entre onde o primeiro lado encontra a borda traseira e o quarto lado encontra o terceiro lado.

5. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato de que o ponto extremo de extremidade mais externa está situado no terceiro lado.

6. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o ponto extremo de extremidade mais externa está situado no terceiro lado onde o terceiro lado encontra o quarto lado.

7. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o ponto extremo de extremidade mais externa está situado no terceiro lado

entre o ponto de controle P3 e onde o terceiro e o quarto lado do polígono de limite se encontram.

8. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que a borda extrema do aerofólio tem um canto de borda dianteiro arredondado que se estende até uma parte de borda que estende substancialmente no sentido do fluxo, de modo que a borda extrema é de uma configuração que se estende para trás a partir do ponto de controle P1.

9. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, caracterizado pelo fato de que a configuração de forma de planta da borda traseira do aerofólio na região de ponta está situada em uma segunda curva de Bezier construída a partir de pelo menos dois pontos de controle adicionais P5 e P8, o ponto de controle P5 estando localizado onde o primeiro lado do polígono de limite encontra a borda traseira, e o ponto de controle P8 estando localizado no ponto extremo da extremidade mais externa.

10. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a segunda curva de Bezier entre os pontos de controle P5 e P8 é uma linha reta que se estende geralmente paralela ao eixo de referência de hélice.

11. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a curva de Bezier é construída a partir de três pontos de controle P5, P6 e P8, o ponto de controle P6 estando localizado na intersecção da primeira, e segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira, a primeira linha de referência

de ponto de controle de borda traseira sendo uma tangente em relação à borda traseira dentro da estação de ponta, no ponto de controle P5, a primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira se estendendo em um
5 ângulo de varredura do eixo de referência de hélice, e a segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira sendo uma linha que passa através do ponto de controle P8 no ponto extremo de extremidade mais externa e se estende em um ângulo até o eixo de referência de hélice
10 que está entre 0 e até 1,5 vezes o ângulo de varredura.

12. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a segunda curva de Bezier é construída a partir de quatro pontos de controle P5, P6, P7 e P8, o ponto de controle P6 estando localizado ao longo de
15 uma primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira; que é uma tangente em relação à borda traseira dentro da estação de ponta, no ponto de controle P5, a primeira linha de referência de ponto de controle de borda traseira se estendendo em um ângulo de varredura em
20 relação ao eixo de referência de hélice, e o ponto de controle P7 está localizado ao longo de uma segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira sendo uma linha que passa através do ponto P8 no ponto extremo de extremidade mais externa e se estende em um ângulo em
25 relação ao eixo de referência de hélice que está entre 0 e até 1,5 vezes o ângulo de varredura.

13. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que o ponto de controle P6 está localizado ao longo da primeira linha de referência de
30 ponto de controle de borda traseira em uma posição entre

10% e 33% da extensão no sentido do vão da região de ponta a partir do ponto de controle P5, mas não no sentido do vão no sentido para fora da intersecção da primeira e segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira, e o segundo ponto P7 está localizado ao longo da segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira em uma posição entre 66% e 90% da extensão no sentido do vão da região de ponta a partir do ponto de controle P5, mas não no sentido do vão para dentro da intersecção da primeira e segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira.

14. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11, 12 ou 13, caracterizado pelo fato de que a segunda linha de referência de ponto de controle de borda traseira se estende em um ângulo em relação ao eixo de referência de hélice que está entre zero e o ângulo de varredura.

15. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 11, 12, 13 ou 14, caracterizado pelo fato de que o ângulo de varredura está entre 0 e 30°.

16. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 12, 13, 14 ou 15, onde dependente da reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a segunda curva de Bezier na qual está situada a borda traseira do aerofólio na região de ponta é uma curva de Bezier cúbica.

17. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 ou 16, caracterizado pelo fato de que a região de ponta tem anédrico.

18. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 17,

caracterizado pelo fato de que o aerofólio tem um plano de corda que se estende sobre o aerofólio entre a borda dianteira e a borda traseira sobre a porção principal do aerofólio, e o anédrico segue uma curva em um plano vertical que é perpendicular ao plano de corda, a curva estando entre as superfícies de pressão e de sucção do aerofólio sobre a região de ponta, e a curva sendo uma terceira curva de Bezier construída a partir de ao menos três pontos de controle P9, P10 e P12 no plano vertical, e em que o plano de controle P9 está localizado no sentido do vão do aerofólio na estação de ponta, e no plano de corda, o ponto de controle P12 está localizado no ponto extremo de extremidade mais externa, e o ponto de controle intermediário P10 estando localizado na intersecção da primeira, e segunda linha de referência de ponto de controle anédrico, a primeira linha de referência de ponto de controle anédrico sendo coincidente com o plano de corda, e a segunda linha de referência de ponto de controle anédrico passando através do ponto de controle P12 e se estendendo em um ângulo anédrico de ponta até o plano de corda, entre 4° e 30°.

19. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o aerofólio tem um plano de corda que se estende sobre o aerofólio entre a borda dianteira e a borda traseira sobre a porção principal do aerofólio, e o anédrico acompanha uma curva em um plano vertical que é perpendicular ao plano de corda, a curva estando entre superfícies de pressão e de sucção do aerofólio sobre a região de ponta, e a curva sendo uma terceira curva de Bezier construída a partir de pelo menos

quatro pontos de controle P9, P10, P11 e P12 no plano vertical, e em que o ponto de controle P9 está localizado no sentido do vão do aerofólio na estação de ponta, e no plano de corda, o ponto de controle P12 está localizado na
5 borda extrema mais externa, e o primeiro ponto de controle intermediário P10 estando localizado ao longo de uma primeira linha de referência de ponto de controle anédrico que é coincidente com o plano de corda, e um segundo ponto de controle intermediário P11 estando localizado em uma
10 segunda linha de referência de ponto de controle anédrico que passa através do ponto de controle P12 e se estende em um ângulo anédrico de ponta até o plano de corda, entre 4° e 30°.

20. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 19,
15 caracterizado pelo fato de que o primeiro ponto de controle intermediário P10 está localizado ao longo da primeira linha de referência de ponto de controle anédrico em uma posição entre 20% e 55% da extensão no sentido do vão da região de ponta a partir do ponto de controle P9, mas não
20 no sentido do vão na direção para fora da intersecção da primeira e segunda linha de referência de ponto de controle anédrico, e o segundo ponto de controle intermediário P11 está localizado ao longo da segunda linha de referência de ponto de controle anédrico em uma posição entre 55% e 90%
25 da extensão no sentido do vão da região de ponta a partir do ponto de controle P9, mas não no sentido de vão voltado para dentro da intersecção da primeira e segunda linha de referência de ponto de controle anédrico.

21. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 20,
30 caracterizado pelo fato de que o primeiro ponto de controle

intermediário P10 está localizado ao longo da primeira linha de referência de ponto de controle anédrico em uma posição em aproximadamente 33% da extensão no sentido do vão da região de ponta a partir do ponto de controle P9, e
5 o segundo ponto de controle intermediário P11 está localizado ao longo da segunda linha de referência de ponto de controle anédrico em uma posição em aproximadamente 66% da extensão no sentido do vão da região de ponta a partir do ponto de controle P9.

10 22. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 19, 20 ou 21, caracterizado pelo fato de que a segunda linha de referência de ponto de controle anédrico, que passa através do ponto de controle P12, se estende em um ângulo anédrico de ponta em relação ao plano
15 de corda, entre $4,4^\circ$ e 25° .

23. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 ou 22, caracterizado pelo fato de que a porção principal do aerofólio se estende a
20 partir da estrutura de suporte no sentido do vão por ao menos 75% do vão efetivo global do aerofólio.

24. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 ou 23, caracterizado
25 pelo fato de que o eixo de referência de hélice se estende no sentido do vão da porção principal do aerofólio no meio da espessura média da porção principal do aerofólio, e ao menos a porção principal do aerofólio tem uma torção de entre 0° e 16° ao longo da mesma, em torno do eixo de
30 referência de hélice.

25. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 ou 24, caracterizado pelo fato de que o aerofólio é fixado na extremidade de raiz a uma estrutura de suporte giratória.

26. Aerofólio, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 ou 25, caracterizado pelo fato de que o aerofólio inclui um painel de ponta localizado entre a porção principal do aerofólio e a região de ponta, o painel de ponta se estendendo no sentido para fora no sentido do vão a partir de uma estação de painel de ponta entre 85%R e 88%R em relação à estação de ponta.

27. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que o eixo de referência de hélice está localizado em 0,25C onde C é a extensão de corda da porção principal do aerofólio, e em que o painel de ponta tem uma borda dianteira que varre no sentido para trás a partir da estação de painel de ponta até a estação de ponta, a borda dianteira do aerofólio na estação de ponta estando localizada em ou no sentido para trás de onde o eixo de referência de hélice intersecta a borda dianteira.

28. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 26 ou 27, caracterizado pelo fato de que entre o painel de ponta e a porção principal do aerofólio está uma região de mistura na qual as bordas, dianteira e traseira, da porção principal combinam com as bordas, dianteira e traseira, respectivas do painel de ponta, a região de mistura se estendendo no sentido para fora no sentido do vão a partir de uma estação

de região de mistura em aproximadamente 75%R em relação à estação de painel de ponta.

29. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que ao menos porções das bordas
5 dianteiras de cada região de mistura e o painel de ponta se estendem para frente da borda dianteira da porção principal do aerofólio.

30. Aerofólio, de acordo com a reivindicação 28 ou 29, caracterizado pelo fato de que ao menos as porções das
10 bordas dianteiras de cada uma de região de mistura e painel de ponta estão situadas em uma ou mais curvas de Bezier construídas a partir de pontos de controle.

31. Aerofólio caracterizado por ser substancialmente como descrito mais acima com referência aos desenhos
15 anexos.

32. Método de prover um aerofólio o qual inclui uma porção principal da seção transversal de aerofólio, uma extremidade de raiz interna no sentido do vão onde o aerofólio está, em uso, fixado a uma estrutura de suporte,
20 e em uma extremidade no sentido do vão para fora da porção principal, além de uma estação de ponta, uma região de ponta, e a região de ponta incluindo uma borda extrema, a configuração de forma de planta da borda extrema estando situada em uma primeira curva de Bezier construída a partir
25 de pelo menos quatro pontos de controle P1, P2, P3 e P4; cada um dos pontos de controle P1, P2, P3 e P4 situado na periferia de um polígono que limita a região de ponta, o ponto de controle de Bezier P1 estando localizado em uma borda dianteira do aerofólio na estação de ponta, que é uma
30 posição no sentido do vão entre 93,5%R e 95,9%R, onde o

primeiro e o segundo lados do polígono se encontram, o primeiro lado estando na estação de ponta que se estende perpendicularmente a um eixo de referência que se estende no sentido do vão da porção principal do aerofólio, e o
5 segundo lado sendo uma tangente em relação à borda dianteira do aerofólio no ponto de controle P1, que se estende entre o ponto de controle P1 até uma posição onde o segundo lado encontra um terceiro lado do polígono de limite em uma posição no sentido para fora da borda
10 extrema, o terceiro lado sendo paralelo ao primeiro lado e se estendendo entre a posição onde o terceiro lado encontra o segundo lado, até onde se encontram o terceiro lado e um quarto lado, o ponto de controle P2 estando localizado no segundo lado em uma posição entre 30% e 80% ao longo do
15 segundo lado a partir de P1, o ponto de controle P3 estando localizado no terceiro lado em uma posição entre 30% e 90% ao longo do terceiro lado a partir de P2, e o ponto de controle P4 estando localizado no ponto extremo de extremidade mais externa em uma borda traseira do
20 aerofólio, onde R é o vão de aerofólio efetivo, o método caracterizado por incluir a modelagem da configuração de forma de planta da borda extrema para seguir a primeira curva de Bezier.

33. Método de prover um aerofólio caracterizado por
25 ser substancialmente como descrito mais acima com referência aos desenhos anexos, e conforme mostrado nos mesmos.

34. Qualquer característica novel ou combinação novel de características caracterizada por ser descrita aqui e/ou
30 nos desenhos anexos.

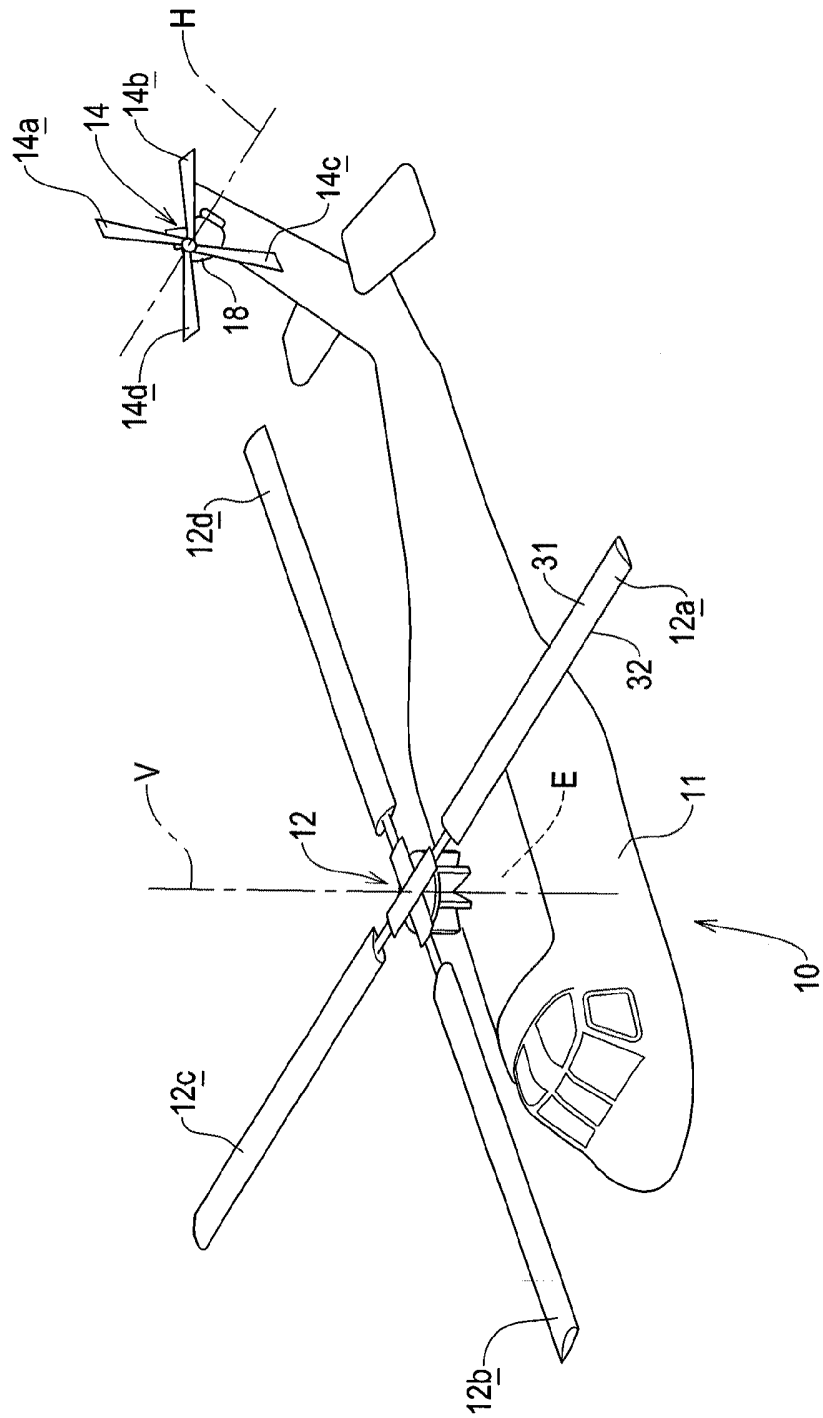
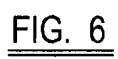
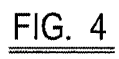
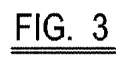


FIG. 1



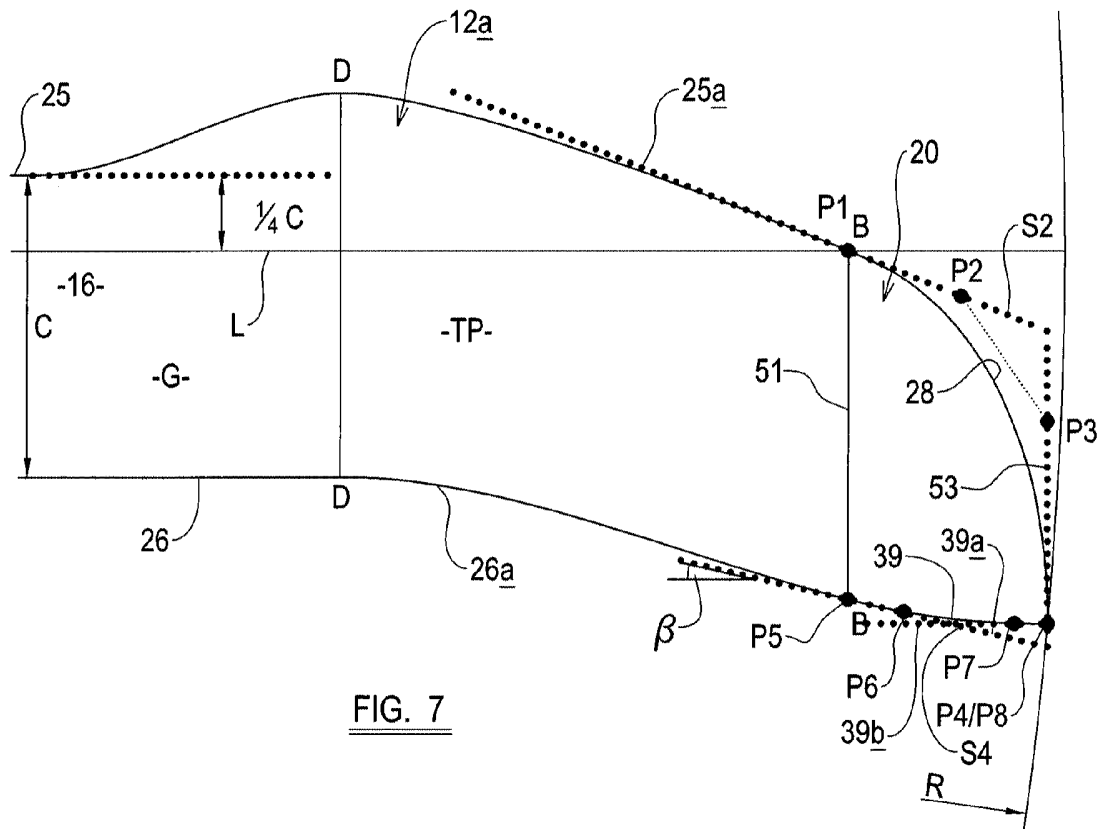


FIG. 7

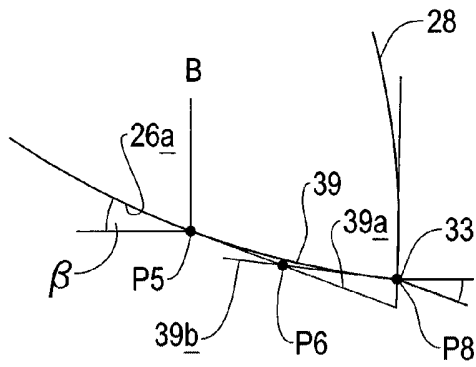


FIG. 9a

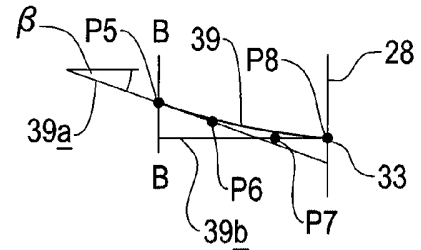


FIG. 9b

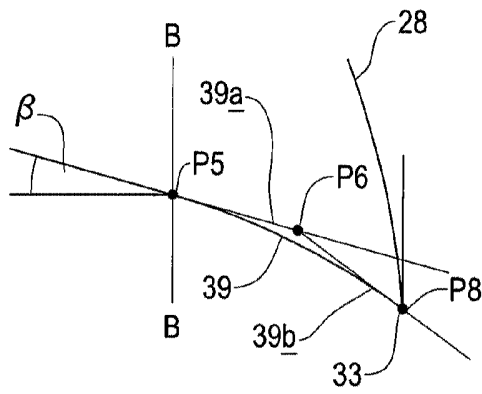


FIG. 9c

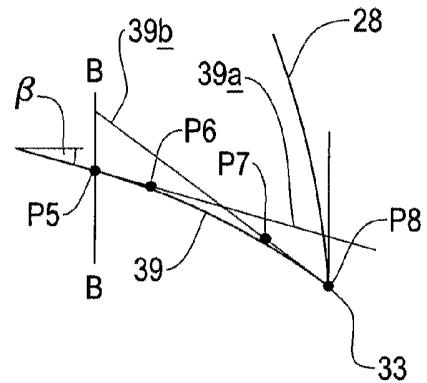


FIG. 9d

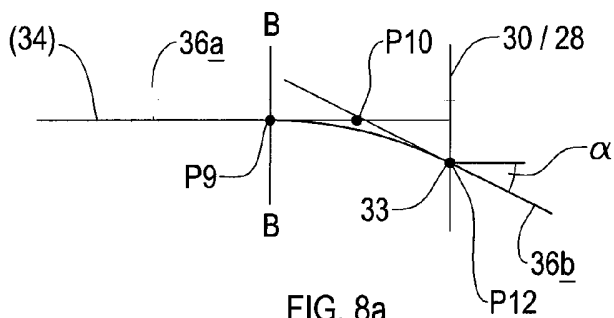


FIG. 8a

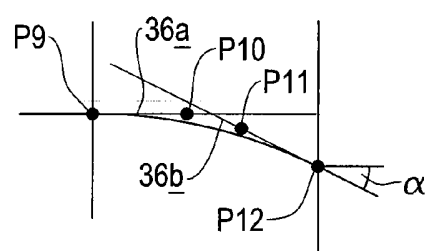


FIG. 8b

RESUMO**AEROFÓLIO**

Um aerofólio tem uma porção principal de seção transversal de aerofólio, uma extremidade de raiz no sentido do vão interna onde o aerofólio está em uso fixado a uma estrutura de suporte, e em uma extremidade no sentido do vão mais externo fora da porção principal, além de uma estação de ponta, uma região de ponta, e a região de ponta incluindo uma borda extrema, a configuração de forma de planta da borda extrema situada em uma primeira curva de Bezier construída a partir de pelo menos quatro pontos de controle P1, P2, P3 e P4, os pontos de controle P1, P2, P3 e P4 estando individualmente situados na periferia de um polígono que limita a região de ponta, o ponto de controle de Bezier P1 estando localizado em uma borda dianteira do aerofólio na estação de ponta, a qual está em uma posição no sentido do vão entre 93,5%R e 95,9%R, onde se encontram o primeiro e o segundo lado do polígono, o primeiro lado estando na estação de ponta que se estende perpendicularmente até um eixo de referência de hélice, que se estende no sentido do vão da porção principal do aerofólio, e o segundo lado sendo uma tangente em relação à borda dianteira do aerofólio no ponto de controle P1, que se estende entre o ponto de controle P1 até uma posição onde o segundo lado encontra um terceiro lado do polígono de limite em uma posição no sentido para fora da borda extrema, o terceiro lado sendo paralelo ao primeiro lado e se estendendo entre a posição onde o terceiro lado encontra o segundo lado, até onde se encontram o terceiro lado e o quarto lado, o ponto de controle P2 estando localizado no

segundo lado em uma posição entre 30% e 80% ao longo do segundo lado a partir de P1, o ponto de controle P3 estando localizado no terceiro lado em uma posição entre 30% e 90% ao longo do terceiro lado a partir de onde o segundo e o
5 terceiro lado se encontram, e o ponto de controle P4 estando localizado no ponto extremo de extremidade mais externa em uma borda traseira do aerofólio, onde R é o vão de aerofólio, efetivo.