



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

**(11) PI 1103100-0 B1**



\* B R P I 1 1 0 3 1 0 0 B 1 \*

**(22) Data do Depósito: 20/06/2011**

**(45) Data de Concessão: 15/02/2022**

---

**(54) Título:** ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA POR EMPUXO

**(51) Int.Cl.:** F16C 39/06; H02K 7/09.

**(73) Titular(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

**(72) Inventor(es):** NELSON CÉSAR CHAVES PINTO FURTADO; GERSON SILVA PAIVA; CARLTON ANTHONY TAFT; ANTONIO CARLOS PAVÃO.

**(57) Resumo:** ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA POR EMPUXO. Constituída por um motor homopolar de levitação magnética formado por um ímã cilíndrico inferior (1), apresentando sobre si dois cilindros paralelos de bismuto ou grafite (2), entre os quais se situa, no vácuo, um rotor (3) constituído por um disco isolante elétrico inferior (4) e por dois ímãs cilíndricos paralelos (5 e 6) de NbFeB (Neodímio, Ferro e Boro) ou AlNiCo (Alumínio, Níquel e Cobalto) unidos entre si por meio de um cilindro oco de aço (7), cuja parte interna se comunica com o exterior através de um canal central vertical (8) dentro do ímã superior, por onde se injeta e se retira a amostra a ser centrifugada, que gira devido ao efeito do campo magnético sobre a corrente (9) elétrica que percorre o mercúrio ou gálio (10), o rotor (3) e o recipiente metálico (11) superior contendo mercúrio ou gálio até atingir o pólo positivo (12) solidário à carcaça metálica (13). A presente invenção tem aplicação nas áreas de centrifugas e ultracentrifugas para uso industrial ou doméstico.

## ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA POR EMPUXO

### Campo de Invenção

5

A presente invenção tem aplicação nas áreas de centrífugas e ultracentrífugas para uso industrial ou doméstico.

10

A presente invenção refere-se a uma ultracentrífuga constituída por um motor homopolar usado para centrifugar e separar os constituintes de soluções líquidas, coloidais ou radioisótopos.

### Antecedentes

15

As centrífugas e ultracentrífugas usadas industrialmente giram em torno de um eixo mecânico que gera uma força centrífuga relativa com capacidade de sedimentar sólidos de líquidos ou líquidos imiscíveis de diferentes densidades, separando-os.

20

25

30

35

Após certo tempo de uso, estas exigem manutenção dos seus mancais devido ao desgaste causado pelo atrito entre o rotor e as peças fixas do motor. Além disso, têm velocidades limitadas, também pelo motivo anterior. Alguns modelos de motores ou ultracentrífugas de levitação magnética comerciais têm seu funcionamento baseado na repulsão de ímãs de pólos iguais para suspender o rotor das partes fixas (estator) na região dos seus mancais (Patente nº BR 0804447-3) ou pela combinação de mancais de ímãs permanentes com bobinas que geram campos magnéticos produzidos por correntes elétricas com a finalidade de controlar e estabilizar a levitação do rotor (Patente nº US 3512852; Patente nº US 4585282; Patente nº US 3888553). O grande problema dos motores de levitação magnética anteriores é que a estabilização do rotor utiliza exclusivamente bobinas de fios condutores controlados por circuitos eletrônicos que consomem energia na estabilização do rotor, neutralizando variações da inclinação do rotor durante o seu giro. Oscilações no eixo de giro do rotor (presseção do rotor como ocorre com o pião de brinquedo ao reduzir a sua velocidade de giro), devem-se a não homogeneidade intrínsecas dos materiais, causando desbalanceamento do rotor. Oscilação no rotor durante a sua rotação pode também ocorrer quando o motor é deslocado de um lugar para o outro ou quando há mudanças de nivelamento da superfície ou quando a superfície é abalada ou sofre vibração. Caso haja um destes fatores acima o rotor em alta velocidade e

em levitação pode tocar o estator acidentalmente resultando em destruição do motor. O problema da estabilização de giro de levitação por campos eletromagnéticos é que o circuito que o comanda, além de complexo, consome muita energia para estabilizar o rotor. Além disso, caso haja uma pane no circuito eletrônico que comanda a estabilização, o rotor levitante em alta velocidade poderá bater no estator causando destruição no motor caso haja vibração ou deslocamento do motor como um todo.

Além disso, outro inconveniente é o tempo de resposta a perturbações de giro do rotor. Em grandes velocidades o circuito eletrônico não poderá responder a rápidas oscilações do eixo, podendo resultar em acidentes.

O problema acima pode ser evitado pela combinação de ímãs permanentes e materiais que naturalmente repelem ímãs e ao mesmo tempo é líquido e moldável, como o mercúrio e o gálio, que também atuam como condutor de eletricidade, garantindo estabilidade ao rotor levitante pela adição do empuxo entre a base do rotor metal líquido (mercúrio ou gálio). O empuxo é uma força que dá sustentação ao avião e estabiliza os navios sobre o mar. Neste caso, o rotor levitará pelas forças de repulsão magnética (pólos de mesmo tipo) e terá sua estabilidade garantida pela força de empuxo em sua base. Esta última contrabalanceará instantaneamente qualquer desequilíbrio sofrido pelo rotor durante o seu giro pelo princípio de ação e reação, amortecendo-o e a necessidade de gasto de energia como acontece com a estabilização eletrônica.

Em termos simples, a presente invenção utiliza o mesmo princípio das centrífugas, com a diferença de que não gira em torno de um eixo mecânico, mas sim de um eixo magnético estabilizado pelo empuxo resultando em maior economia tanto em manutenção quanto em energia e reduzindo possíveis acidentes causados por instabilidades no giro do rotor levitante.

### Objetivos

O objetivo desta invenção é criar uma ultracentrífuga com baixo índice de manutenção (alta disponibilidade e mantenedibilidade), que exija menos energia e complete seu trabalho com mais rapidez e eficiência.

### Solução

A engenharia apresentada nesta invenção considera a solução da frequente manutenção dos mancais devido ao atrito citado e o consumo elevado de energia.

5 Esta invenção apresenta os metais líquidos à temperatura ambiente (por exemplo: mercúrio ou gálio) como solução das eventuais instabilidades presentes pelo rotor levitante durante o giro graças ao efeito de empuxo na região de interface entre a base do rotor e o metal líquido. Ocorre uma levitação e uma estabilidade baseadas na repulsão entre ímãs de NdFeB ou AlNiCo e materiais líquidos altamente diamagnéticos como o  
10 mercúrio ou o gálio.

O consumo de energia e o atrito são amenizados pela presença do mercúrio e o gálio como condutor elétrico entre a parte móvel (rotor) e a parte fixa do motor, que também atua como amortecedor ou estabilizador de eventuais oscilações na inclinação do eixo de giro do rotor pelo efeito  
15 da ação e reação causado pelo empuxo entre a base do rotor e o mercúrio ou gálio em fase líquida impedindo possíveis acidentes.

### Descrição Detalhada

20 A disponibilidade de ímãs de grande força (NdFeB – Liga de Neodímio, Ferro e Boro; AlNiCo – Liga de Alumínio, Níquel, Cobalto) torna possível a construção deste pequeno e econômico aparelho de flutuação de ar, com o grafite e o bismuto como ímãs diamagnéticos. Materiais diamagnéticos repelem ambos os pólos magnéticos. A força da gravidade  
25 que age sobre ele é quase completamente anulada pela força de atração de um ímã que se encontra na parte inferior do motor. Duas placas de grafite ou bismuto, uma acima e outra abaixo do ímã NdFeB ou AlNiCo, força este último a manter uma posição de equilíbrio estável, já que ambos os pólos do ímã são repelidos pelas placas de grafite ou bismuto  
30 (diamagnetismo).

Nas figuras 1 e 2 os numerais se referem a:

1. Ímã cilíndrico inferior;
2. Cilindros paralelos de grafite pirolítico ou bismuto;
3. Rotor constituído por dois ímãs cilíndricos de NbFeB ou AlNiCo;
- 35 4. Isolante elétrico inferior.
5. e 6. Ímãs cilíndricos paralelos de NbFeB (Neodímio, Ferro e Boro)
7. Cilindro oco de aço (compartimento da amostra);
8. Canal central dentro do ímã superior;
9. Corrente elétrica;

10. Mercúrio e o gálio;
11. Recipiente metálico superior contendo mercúrio e o gálio;
12. Pólo positivo da bateria;
13. Carcaça feita de cobre, alumínio, latão ou material plástico.

5

Na Figura 2 vê-se, respectivamente, a vista inferior (em corte) e superior (com um rasgo no cilindro superior de grafite pirolítico ou bismuto para melhor visualização do rotor).

10 A invenção é constituída por um motor homopolar de levitação magnética formado por um imã cilíndrico inferior (1), apresentando sobre si dois cilindros paralelos de bismuto ou grafite (2), entre os quais se situa, no vácuo, um rotor (3) constituído por um disco isolante elétrico inferior (4) e por dois imãs cilíndricos paralelos (5 e 6) de NbFeB (Neodímio, Ferro e Boro) ou AlNiCo (Alumínio, Níquel e Cobalto) unidos entre si por meio de  
15 um cilindro oco de aço (7), cuja parte interna se comunica com o exterior através de um canal central vertical (8) dentro do imã superior, por onde se injeta e se retira a amostra a ser centrifugada, que gira devido ao efeito do campo magnético sobre a corrente (9) elétrica que percorre o mercúrio ou gálio (10), o rotor (3) e o recipiente metálico (11) superior contendo  
20 mercúrio ou gálio até atingir o pólo positivo (12) solidário à carcaça metálica (13).

## REIVINDICAÇÕES

- 5 1. ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA  
POR EMPUXO caracterizada por conter um motor homopolar de levitação  
magnética formado por um ímã cilíndrico inferior (1), apresentando sobre si dois  
cilindros paralelos de bismuto ou grafite (2), entre os quais se situa, no vácuo, um  
rotor (3) constituído por um disco isolante elétrico inferior (4) e por dois ímãs  
10 cilíndricos paralelos (5 e 6) unidos entre si por meio de um cilindro oco de aço (7),  
cuja parte interna se comunica com o exterior através de um canal central vertical  
(8) dentro do ímã superior e o recipiente metálico (11) superior preenchido com  
um metal líquido até atingir o pólo positivo (12) solidário à carcaça metálica (13).
- 15 2. ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA  
POR EMPUXO conforme reivindicação 1 caracterizada pelos dois ímãs  
cilíndricos paralelos (5 e 6) serem de NbFeB (Neodímio, Ferro e Boro) ou de  
AlNiCo (Alumínio, Níquel e Cobalto).
- 20 3. ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA  
POR EMPUXO conforme reivindicação 1 ou 2 caracterizada pelo recipiente  
metálico (11) superior conter mercúrio.
- 25 4. ULTRACENTRÍFUGA DE LEVITAÇÃO MAGNÉTICA ESTABILIZADA  
POR EMPUXO conforme reivindicação 1 ou 2 caracterizada pelo recipiente  
metálico (11) superior conter gálio.

Figura 1

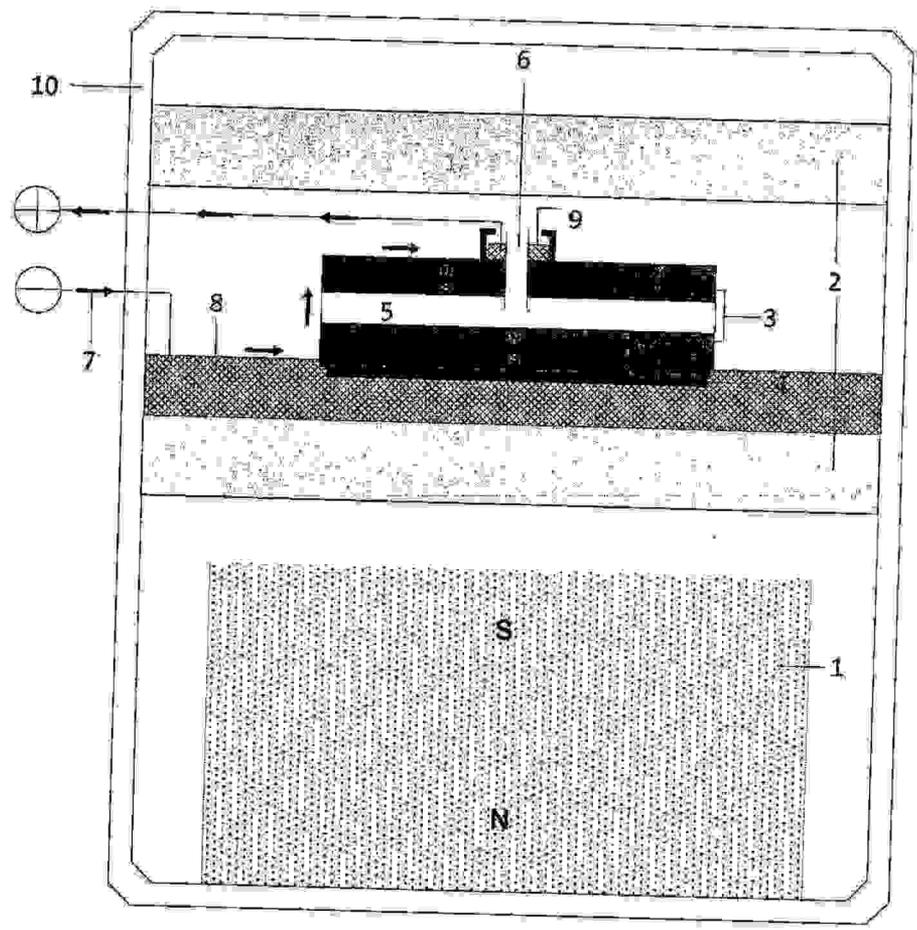
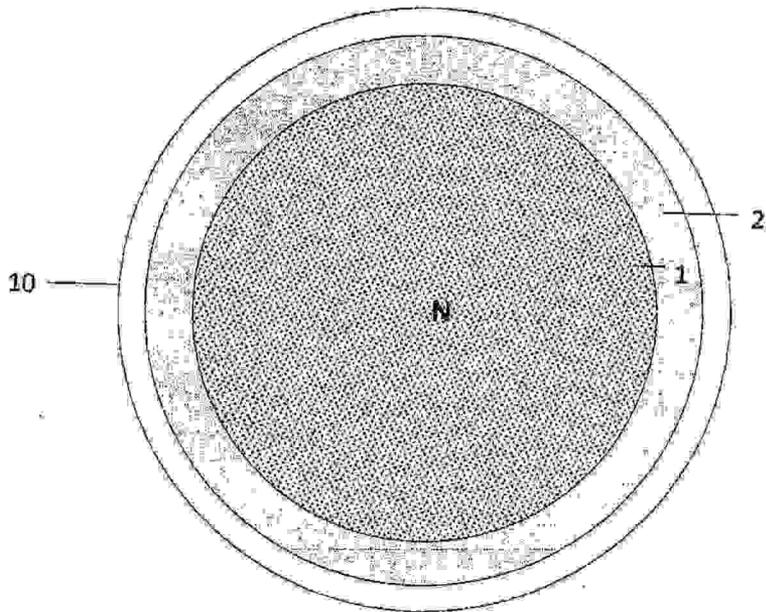


Figura 2

Vista inferior (em corte horizontal)



Vista superior (com rasgo)

