(11) Número de Publicação: **PT 2277231 E**

(51) Classificação Internacional:
H01M 14/00 (2011.01) ***H01G 9/00*** (2011.01)
H01L 31/00 (2011.01)

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: **2009.04.21**

(30) Prioridade(s): **2008.04.21 US 124923**

(43) Data de publicação do pedido: **2011.01.26**

(45) Data e BPI da concessão: **2012.02.08**
099/2012

(73) Titular(es):
I.S.2 SOCIÉTÉ PAR ACTIONS SIMPLIFIÉE (SAS)
Z.I. DE SARREBOURG 57400 SARREBOURG FR

(72) Inventor(es):
RICHARD WELTER **FR**

(74) Mandatário:
MARIA MANUEL RAMOS LUCAS
LARGO DE S. DOMINGOS N° 1 2910-092 SETÚBAL **PT**

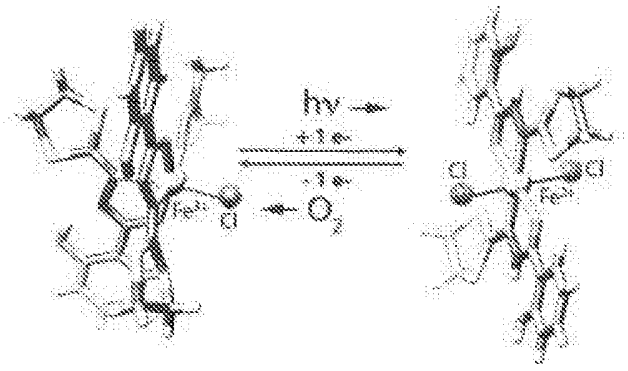
(54) Epígrafe: **MÉTODO E DISPOSITIVO DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉCTRICA**

(57) Resumo:
A INVENÇÃO RELACIONA-SE COM UM MÉTODO E UM DISPOSITIVO DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉCTRICA USANDO COMPLEXOS DE FERRO, USANDO UM COMPLEXO MOLECULAR DE FERRO +III ASSIM COMO UM COMPLEXO DE FERRO+II FOTO-REDUZIDO, AMBOS QUIMICAMENTE COMPLEXADOS ATRAVÉS DE UM LIGANDO DO TIPO HIDRAZIDA BENZÓICA.

RESUMO

A invenção relaciona-se com um método e um dispositivo de produção e armazenamento de energia eléctrica usando complexos de ferro, usando um complexo molecular de ferro +III assim como um complexo de ferro+II foto-reduzido, ambos quimicamente complexados através de um ligando do tipo hidrazida benzóica.

Figura 8



Descrição

MÉTODO E DISPOSITIVO DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Campo técnico

A presente invenção relaciona-se com um método de produção e armazenamento de energia eléctrica utilizando complexos de um metal.

Relaciona-se igualmente com um dispositivo para a realização desse método de produção e de armazenamento de energia eléctrica.

Técnica anterior

A literatura científica fornece alguns exemplos de redução fotoinduzida. Em particular, pode-se citar os seguintes artigos: - D.A.S. Finden, E. Tipping, G.H.M. Jaworski and C.S. Reynolds, Nature, Vol.309, 28 june 1984 -; - G.K. Oster, G. Oster, J. Am. Chem. Soc. 1959, 81, 5543; E.L. Wehry, R. A. Ward, Inorg. Chem., 1971, 10, 12, 2660 -; - B.C. Faust and R. G. Zepp, Environ. Sci. Technol. 1993,27,2517 -; - J. Sima and J. Makanova, Coordination Chemistry Reviews, 160, 1997, 161 -;- L. Emmenegger, R. Schonenberger, L. Sigg and B. Sulzberger, Limnol. Oceanogr., 46(1), 2001, 49 -; e - J. Sima, L. Horvathova, M. Izakovic, Monat. Chem., 2004, 135, 5 -.

Por outro lado, a publicação Beghida et Al., Comptes Rendus - Chimie, Elsevier, Paris, Vol.10, N°7, 13 juillet 2007, informa-nos sobre a possibilidade de utilizar os ligandos que derivam da hidrazida de ácido 2-hidroxibenzóico para a elaboração de novos complexos moleculares magnéticos.

Por outro lado, a publicação J.Sima, M. Izakovic, M.Zitnanski, International Journal of Photoenergy, Vol. 2006,2006, páginas 1 a 5, descreve o mecanismo do método de desactivação de complexos de ferro^{III} formado com os ligandos do tipo Benacen.

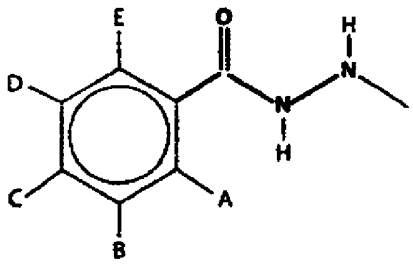
Todavia, nenhum dos sistemas descritos apresenta uma estabilidade suficiente que lhe permita uma utilização à vez em solução e/ou no estado sólido.

Exposição da invenção

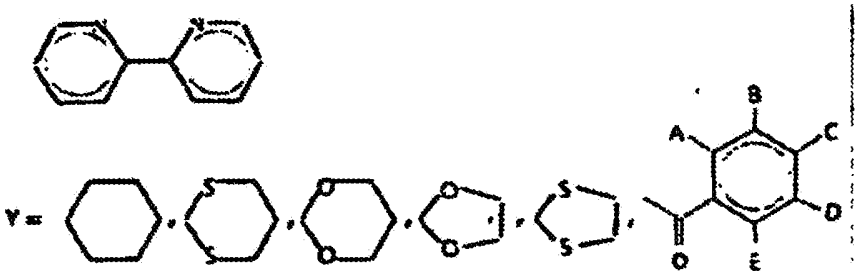
A presente invenção propõe criar uma nova forma de elaboração de dispositivos físico-químicos simples e económicos para produzir energia eléctrica ao utilizar a luz natural. Por outro lado, a presente invenção responde totalmente aos critérios de reconversão e/ou de transformação imposta em matéria de preservação de ambiente e ausência de poluição para a biosfera.

Esse objectivo é atingido pelo método da invenção, tal como definido no preâmbulo, caracterizado pelo facto de que se utiliza um complexo molecular de ferro que deriva do ácido benzóico, esse complexo compreendendo, pelo menos um ligando orgânico do tipo hidrazida benzóica, e cria reacções de óxido-redução no dito complexo molecular de ferro ao expô-lo à luz ao abrigo do ar, e reciprocamente ao ar ao abrigo da luz.

De uma forma particularmente vantajosa, o dito ligando orgânico é escolhido de entre a família de ligandos definidos pela fórmula:



A,B,C,D,E são escolhidos do grupo que compreende: H, COOH, OH, F, Cl, Br, I e combinações



O dito complexo de ferro é de preferência ou: o complexo de ferro (Fe^{3+}) definido pela fórmula $[Fe^{II}(HL)_xCl$, Solvente], ou o complexo de ferro (Fe^{2+}) definido pela fórmula $[Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2]$. HL e H_2L representam os dois estados químicos de um ligando orgânico tal como previamente definido, desde que complexado, ou de óxido de ferro ou de ferro reduzido. Deste modo, o H_2L corresponde a um estado no qual um átomo de hidrogénio está presente no átomo de azoto central, enquanto o HL relaciona-se com um estado no qual o átomo de hidrogénio está ausente desse mesmo átomo de azoto.

De acordo com um modo de realização, é produzida uma redução do ferro (Fe^{3+}) no dito complexo $[Fe^{III}(HL)_xCl$, Solvente] em ferro (Fe^{2+}) no dito complexo $[Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2]$, expondo-o à luz ao abrigo do oxigénio.

De acordo com um outro modo de realização, é produzida uma oxidação do ferro (Fe^{2+}) no dito complexo $[Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2]$ em ferro (Fe^{3+}) no dito complexo $[Fe^{III}(HL)_xCl$, Solvente] ao criar um

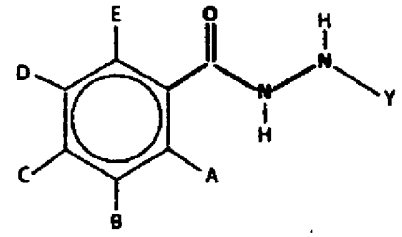
contacto químico ou electroquímico com um oxidante, ao abrigo da luz.

De forma vantajosa, o dito oxidante pode ser escolhido a partir do grupo: O_2, I_2, Cu^{2+}, Co^{3+}, $FeCl_3$, H^+, manganato e permanganato, ferratos.

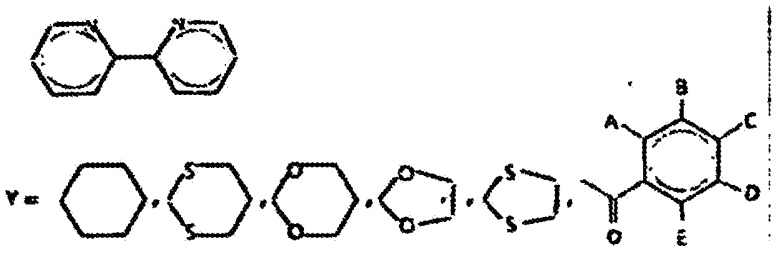
De forma vantajosa, pode-se escolher o dito solvente de entre os seguintes solventes: a dimetilformamida (DMF), o tetrahidrofurano (THF), o etanol, a água.

É igualmente atingido pelo dispositivo da invenção, tal como definido no preâmbulo, caracterizado pelo facto de que compreende um complexo molecular de ferro que compreende, pelo menos um ligando orgânico do tipo hidrazida de ácido benzóico.

O dito orgânico ligando é vantajosamente escolhido de entre a família de ligandos definidos pela fórmula abaixo:



A,B,C,D,E são escolhidos do grupo que compreende: H, COOH, OH, F, Cl, Br, I e combinações



De acordo com uma forma de realização particularmente vantajosa, o dito complexo de ferro é ou: o complexo de ferro (Fe^{3+}) definido pela fórmula [$Fe^{III}(HL)_xCl$, Solvente], ou o complexo de ferro (Fe^{2+}) definido pela fórmula [$Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2$]. HL e H_2L representam os dois estados químicos de um ligando orgânico tal como previamente definido, desde que seja complexado, ou de óxido de ferro ou de ferro reduzido. Deste modo, o H_2L corresponde a um estado no qual um átomo de hidrogénio está presente no átomo de azoto central, enquanto o HL relaciona-se com um estado no qual o átomo de hidrogénio está ausente desse mesmo átomo de azoto.

De acordo com uma forma de realização, o dispositivo compreende vantajosamente meios para produzir uma redução de ferro (Fe^{3+}) no dito complexo [$Fe^{III}(HL)_xCl$, Solvente] em ferro(Fe^{2+}) no dito complexo [$Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2$], esses meios implicando uma exposição à luz, ao abrigo de um oxidante no dito complexo de ferro (Fe^{3+}).

De acordo com uma outra forma de realização, o dispositivo compreende vantajosamente meios para produzir uma oxidação do ferro (Fe^{2+}) no dito complexo [$Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2$) em ferro(Fe^{3+}) no dito complexo [$Fe^{III}(HL)_2Cl$, Solvente], esses meios implicando uma acção de um oxidante adaptado, resguardado da luz no dito complexo de ferro (Fe^{2+}).

Resumo das figuras e esquemas

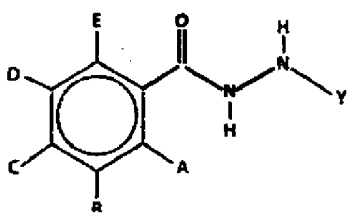
A presente invenção e as suas vantagens tornar-se-ão melhor detalhadas na descrição seguinte de vários modos de realização, dados a título de exemplo não limitativo, com referência aos desenhos em anexo, nos quais:

- a figura 1 é uma vista esquemática que representa a transformação do complexo de ferro (Fe^{2+}) em complexo de ferro (Fe^{3+}) e reciprocamente,
- a figura 2 é uma vista que representa uma molécula do complexo de ferro (Fe^{3+}),
- a figura 3 é uma vista que representa uma molécula do complexo de ferro (Fe^{2+}),
- a figura 4 representa um ciclovoltamograma do complexo de ferro (Fe^{3+}),
- a figura 5 representa as curvas de intensidade/potencial medidas no eléctrodo quasi-estacionário em carbono vítreo para o complexo de ferro (Fe^{3+}) e o complexo de ferro(Fe^{2+}), e
- a figura 6 representa esquematicamente o processo de redução espontânea à luz natural de acordo a invenção.

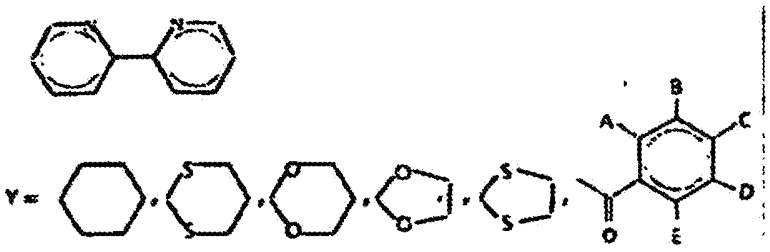
Diferentes formas de realizar a invenção

É conhecido, através de diversas publicações, que os ligandos orgânicos do tipo hidrazida de ácido benzóico complexam vários metais de transição, tais como o ferro, o manganésio, nomeadamente no seu grau de oxidação habitual, (2+) ou (3+). Esses ligandos que derivam do ácido benzóico foram já sintetizados, purificados e caracterizados em laboratório, através dos diferentes métodos espectroscópicos e de difracção dos raios X.

A título de exemplo não limitativo, uma selecção desse tipo de ligandos é dada pelas fórmulas abaixo:



A,B,C,D,E são escolhidos do grupo que compreende:
H, COOH, OH, F, Cl, Br, I e combinações



Ensaios de complexação realizados em laboratório com diferentes sais de manganésio (Mn^{2+}), (Mn^{3+}), de crómio (Cr^{3+}), de cobre e de ferro (Fe^{3+}), levaram a novos complexos mononucleares, de estruturas originais. Foram efectuados ensaios, em particular, com o ferro e permitiram constatar que num complexo [$Fe^{III}(HL)_2Cl$, Solvente] designado por $\underline{C}_1$, uma redução do ferro (Fe^{3+}) é efectuada em certas condições para resultar num novo complexo de ferro (Fe^{2+}) [$Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2$] designado por $\underline{C}_2$ e reciprocamente, ao modificar as condições.

O complexo $\underline{C}_1$ pode ser obtido no estado sólido a partir de uma difusão lenta do dietil éter no solvente que é a dimetilformamida (DMF). A reacção é feita ao ar e ao abrigo da luz. Essa reacção é materializada pela formação de monocristais “azul noite” do complexo $\underline{C}_1$.

Uma exposição da mistura ao abrigo do ar e da luz, quer dizer nas condições inversas dessas que permitiram formar o complexo $\underline{C}_1$, leva à formação de uma solução amarela mais a uma cristalização sob a forma de cristais amarelos do complexo $\underline{C}_2$. Esses cristais amarelos, obtidos após uma difusão lenta de dietil éter na solução de DMF, são sensíveis ao ar. Com efeito, na presença de oxigénio do ar, eles mudam de cor e transformam-se num sólido azul. Por outro lado, a solubilização dos monocristais amarelos corresponde ao

complexo $\underline{C}_2$ na solução de DMF na presença do ar, que resulta instantaneamente numa solução azul que corresponde ao complexo $\underline{C}_1$. A passagem de um dos complexos para o outro é reversível.

A figura 1 representa esquematicamente essa transformação. A reacção de base efectua-se entre um ligando H_2L e o cloreto de ferro $FeCl_3$ na presença do solvente DMF. São produzidos os complexos $\underline{C}_1$, e $\underline{C}_2$. O complexo $\underline{C}_1$, exposto à luz mas resguardado do ar, transforma-se por foto-redução no complexo $\underline{C}_2$. Ao abrigo da luz mas exposto ao ar, mais precisamente ao oxigénio do ar, o complexo $\underline{C}_2$ transforma-se por oxidação em complexo $\underline{C}_1$. Essa transformação reversível deve-se ao facto de as reacções de oxidação e de redução se basearem na presença ou ausência da luz e à presença ou não de oxigénio. As reacções podem ser seguidas experimentalmente devido às alterações de cor que acompanham o processo de difusão do dietil éter, que é um líquido incolor numa solução de DMF.

A figura 2 é uma vista esquemática que ilustra a estrutura molecular do complexo $\underline{C}_1$. Os elipsóides contêm 50% da densidade electrónica. As linhas em ponteado representam as ligações intramoleculares do hidrogénio. A seguir são especificados alguns comprimentos de ligações (Å) e certos ângulos (°): Fe-O2, 1.973 Å (4); Fe-O4, 1.977 Å (4); Fe-O5, 2.035 Å (4); Fe-N4, 2.145 Å (5); Fe-N2, 2.213 Å (5); Fe-Cl, 2.3318 Å (14); O2-Fe-O4, 159.84 °(17); O5-Fe-N4, 166.56 °(17).

A figura 3 é uma vista esquemática que ilustra a estrutura molecular do complexo $\underline{C}_2$. O elipsóide contém 50% da densidade electrónica. As linhas em ponteado representam as ligações intramoleculares do hidrogénio.

A seguir são especificados alguns comprimentos de ligações (Å) e certos ângulos (°): Fe1-O2, 2.115 Å (1); Fe1-O4, 2.122 Å (1); Fe1-N4, 2.199 Å (1); Fe1-N2, 2.229 Å (1), Fe1-Cl1 2.4396 Å (7),

Fe1-Cl2 2.4613 Å (7); 02-Fe1-O4, 175.41 ° (4); 04-Fe1 -N4, 74.55 ° (4). A presença ou não de um átomo de hidrogénio no azoto central permite confirmar a carga (Fe^{2+}) ou (Fe^{3+}) dos átomos de ferro.

A figura 4 representa um ciclovoltamograma do complexo $\underline{C}_1$ (1 mM) na DMF com um eléctrodo de platina, um electrólito de apoio 0,2 M nBU4PF6 e uma velocidade de varrimento de 100 $mV.s^{-1}$). O ciclovoltamograma do ligando H_2L é representado, incorporado e nas mesmas condições experimentais.

A figura 5 representa as curvas de intensidade/potencial medidas no eléctrodo quasi-estacionário em carbono vítreo para o complexo $\underline{C}_1$, e o complexo $\underline{C}_2$ na solução DMF com um electrólito de apoio 0,2 M nBU_4NPF_6, uma velocidade de varrimento 2 $mV.s^{-1}$ e uma velocidade de rotação de 1000 rpm.

De acordo com um estudo electroquímico, que é resumido nas figuras 4 e 5, o complexo $\underline{C}_1$ foi estudado por voltamperometria cíclica assim como por voltamperometria pseudo-estacionária. Nos dois casos, a presença de ferroceno no meio mostra uma boa validade das medidas electroquímicas. A assinatura electroquímica do complexo $\underline{C}_1$ está em conformidade com um sistema $\underline{C}_1/\underline{C}_1^-$ reversível enquanto o ligando H_2L não mostra senão a onda de oxidação do seu ciclo redox. Pode ser afirmado que o sinal electroquímico do par $\underline{C}_1/\underline{C}_1^-$, observado por voltamperometria cíclica, corresponde ao par redox $\underline{C}_1/\underline{C}_2$.

Os complexos moleculares $\underline{C}_1$, e $\underline{C}_2$, além da sua síntese fácil e da sua estabilidade química, absorvem a luz do ultravioleta mais perto, quer dizer raios cujo comprimento de onda está situado aproximadamente entre os 300 e 350 nm. É o ligando do tipo hidrazida que é responsável por essa absorção no UV, tanto em solução como no estado sólido. A originalidade do sistema

é a alteração do grau de oxidação que é utilizável para a circulação de electrões. A solução de ferro (Fe^{3+}) é estável ao abrigo da luz, e a solução de ferro +II é estável ao abrigo do ar. Com efeito, a solução amarela de ferro (Fe^{2+}) é oxidada muito facilmente ao ar. A título experimental, é suficiente fazer passar o ar durante o intervalo de tempo relativamente curto, por exemplo um minuto, num recipiente que contém uma solução de complexo $\underline{C}_2$ para o transformar em solução do complexo $\underline{C}_1$ azul escura. Colocada durante algumas horas sob plena luz natural, a solução azul escura do complexo $\underline{C}_1$ é reduzida em solução amarela do complexo $\underline{C}_2$. Notar-se-á que as soluções são enriquecidas em água nestas condições devido à redução do oxigénio (O_2) em água (H_2O).

Em resumo, a absorção da luz dos complexos moleculares $\underline{C}_1$ e $\underline{C}2$ é acompanhada por uma alteração do grau de oxidação ou de redução do centro metálico, neste caso o ferro, o cobre ou semelhante, levando a novos complexos moleculares estáveis em solução, assim como no estado sólido. Esse fenómeno é uma redução química induzida pela luz, acompanhada por uma separação espontânea de espécies, o complexo reduz, por um lado, e a espécie oxida, por outro lado.

A figura 6 ilustra o mecanismo do fenómeno. A estabilidade da forma reduzida está ligada a uma reorganização molecular que induz uma alteração do potencial presente no sistema redox. Com efeito, no momento da redução do Fe (Fe^{3+}) em Fe (Fe^{2+}), uma espécie é necessariamente oxidada no meio. Tendo em conta o carácter cromóforo do ligando, estima-se *a priori* que este último cede um electrão ao metal, mas as análises do produto final, a saber o complexo $\underline{C}_2$ na solução e no estado cristalino, mostram claramente que as moléculas do ligando não estão num estado oxidado. O defeito electrónico foi então transferido

para o meio nas moléculas do solvente visto que o centro metálico não reoxida espontaneamente.

No entanto, essa situação particular com uma parte oxidada transferida para o solvente que pode ser de DMF, do THF, de etanol ou de água, permite considerar novos tipos de células solares com óxido-redução (redox) com uma tecnologia particularmente simples. O dispositivo de acordo com a invenção constitui um sistema foto-redutível com separação de espécies espontâneas.

Possibilidades de aplicação industrial

O método e o dispositivo da invenção criam uma nova forma para a elaboração de sistemas simples e de baixo custo, pelo facto de que o elemento químico é o ferro, para a transformação da luz em electricidade. Numa época onde as fontes de energia são consideradas importantes, é fundamental o desenvolvimento de novos sistemas físico-químicos capazes de transformar a energia luminosa em energia eléctrica. Além disso, e tendo em conta a situação ambiental, as novas fontes ou sistemas produtores de energia devem e deverão responder aos critérios de reconversão e/ou de transformação sem poluir a biosfera.

Lisboa, 07 de Maio de 2012

REFERÊNCIAS CITADAS NA DESCRIÇÃO

Esta lista de referências citadas pelo Titular tem como único objectivo ajudar o leitor e não forma parte do documento de patente europeia. Ainda que na sua elaboração se tenha tido o máximo cuidado, não se podem excluir erros ou omissões e o EPO não assume qualquer responsabilidade a este respeito.

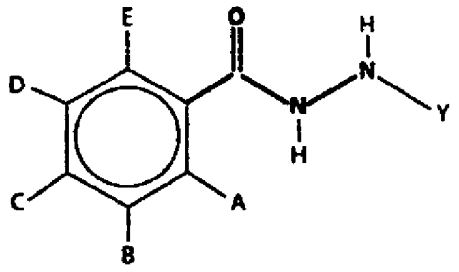
Literatura não patente citados na descrição

- D.A.S.FINDEN; E.TIPPING; G.H.M. JAWORSKI; C.S. REYNOLDS. *Nature*, 28 Juin 1984, vol. 309 [0003]
- G.K. OSTER; G. OSTER. *J. Am. Chem. Soc.*, 1959, vol. 81, 5543 [0003]
- E.L. WEHRY; R. A. WARD. *Inorg. Chem.*, 1971, vol. 10 (12), 2660 [0003]
- B.C. FAUST; R. G. ZEPP. *Environ. Sci. Technol.*, 1993, vol. 27, 2517 [0003]
- *J. SIMA; J. MAKANOVA. Coordination Chemistry Reviews, 1997, vol. 160, 161 [0003]*
- L. EMMENEGGER; R. SCHONENBERGER; L. SIGG; B. SULZBERGER. *Limnol. Oceanogr.*, 2001, vol. 46(1), 49 [0003]
- J. SIMA; L. HORVATHOVA; M. IZAKOVIC. *Monat. Chem.*, 2004, vol. 135, 5 [0003]
- BEGHIDA et al. Comptes Rendus-Chimie. Elsevier, 13 Juillet 2007, vol. 10 [0004]
- J.SIMA; M.IZAKOVIC; M.ZITNANSKI. *International Journal of Photoenergy*, 2006, vol. 2006, 1-5 [0005]

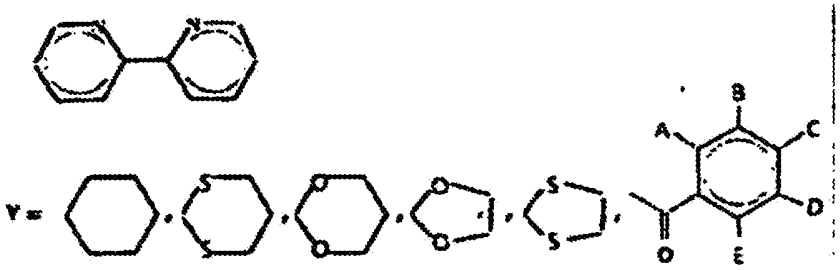
Reivindicações

1. Método de produção e de armazenamento de energia eléctrica que utiliza complexos de um metal, **caracterizado pelo facto de que** é utilizado um complexo molecular de ferro que deriva do ácido benzóico, esse complexo compreendendo, pelo menos um ligando orgânico (L) do tipo hidrazida benzóica, e são criadas reacções de óxido-redução no dito complexo molecular de ferro, ao expô-lo à luz resguardado do ar, e reciprocamente ao ar resguardado da luz.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo facto de que** o dito ligando orgânico é escolhido de entre a família de ligandos definido pela fórmula:



A,B,C,D,E são escolhidos do grupo que compreende: H, COOH, OH, F, Cl, Br, I e combinações



3. Método de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo facto de que** o complexo de ferro é ou: o complexo de ferro (Fe^{3+}) definido pela fórmula $[Fe^{III}(HL)_xCl$, Solvente], ou o complexo de ferro (Fe^{2+}) definido pela fórmula $[Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2]$.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo facto de que** é produzida uma redução do ferro (Fe^{3+}) no dito complexo [$Fe^{III}(HL)_xCl$, Solvente] em ferro (Fe^{2+}) no dito complexo [$Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2$] expondo-o à luz, resguardado do oxigénio.

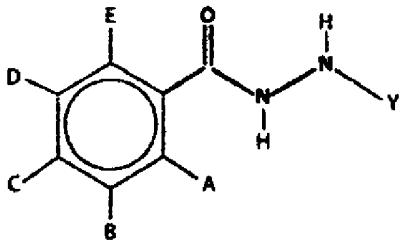
5. Método de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo facto de que** é produzida uma oxidação do ferro (Fe^{2+}) no dito complexo [$Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2$] em ferro(Fe^{3+}) no dito complexo [$Fe^{III}(HL)_xCl$, Solvente] ao criar um contacto químico ou electroquímico com um oxidante, resguardado da luz.

6. Método de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo facto de que** o dito oxidante é escolhido do grupo: O_2, I_2, Cu^{2+}, Co^{3+}, $FeCl_3$, H^+, manganato e permanganato, ferratos.

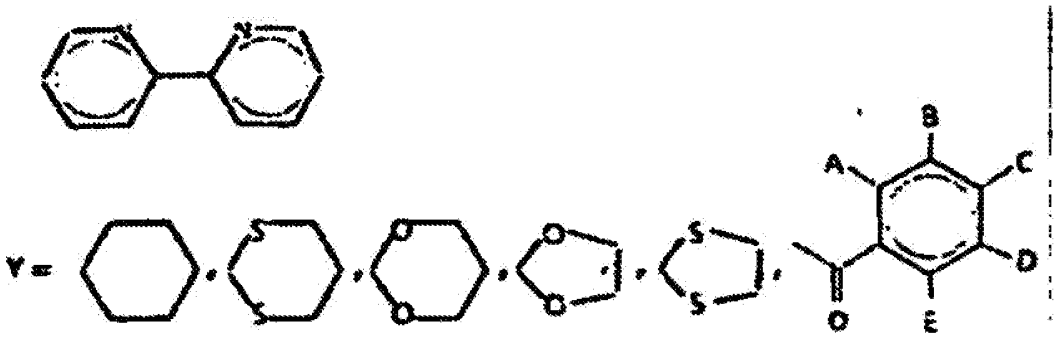
7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 3, 4 ou 5, **caracterizado pelo facto de que** é escolhido o dito solvente entre os seguintes solventes: a dimetilformamida (DMF), o tetrahidrofurano (THF), o etanol, a água.

8. Dispositivo de produção e de armazenamento de energia eléctrica, para a implementação do método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, **caracterizado pelo facto de que** compreende um complexo molecular de ferro que compreende, pelo menos um ligando orgânico (L) do tipo hidrazida de ácido benzóico.

9. Dispositivo de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo facto de que** o dito ligando orgânico (L) é escolhido entre a família de ligandos definido pela fórmula seguinte:



A,B,C,D,E são escolhidos do grupo que compreende:
H, COOH, OH, F, Cl, Br, I e combinações



10. Dispositivo de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo facto de que** o dito complexo de ferro é ou: o complexo de ferro (Fe^{3+}) definido pela fórmula $[Fe^{III}(HL)_xCl$, Solvente], ou o complexo de ferro (Fe^{2+}) definido pela fórmula $[Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2]$.

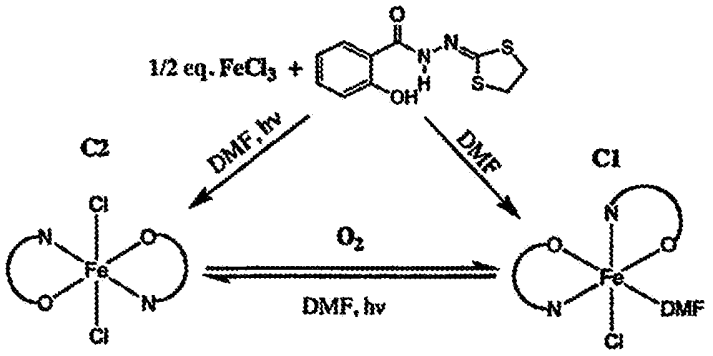
11. Dispositivo de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo facto de que** compreende meios para produzir uma redução de ferro (Fe^{3+}) no dito complexo $[Fe^{III}(HL)_xCl$, Solvente] em ferro(Fe^{2+}) no dito complexo $[Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2]$, esses meios implicando uma exposição à luz, resguardado de um oxidante, do dito complexo de ferro (Fe^{3+}).

12. Dispositivo de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado pelo facto de que** compreende meios para produzir

uma oxidação do ferro (Fe^{2+}) no dito complexo $[Fe^{II}(H_2L)_2Cl_2]$ em ferro (Fe^{3+}) no dito complexo $[Fe^{III}(HL)_2Cl$, Solvente], esses meios implicando uma acção de um oxidante adaptado, resguardado da luz no dito complexo de ferro (Fe^{2+}).

Lisboa, 07 de Maio de 2012

Figura 1



solução amarela
cristais amarelos

solução azul
cristais azuis

Figura 2

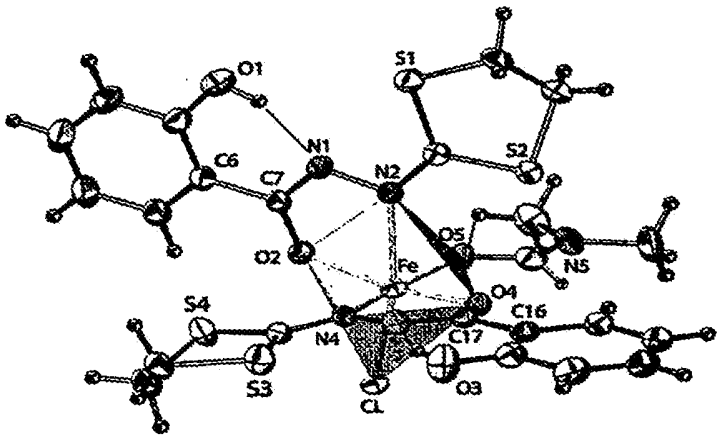


Figura 3

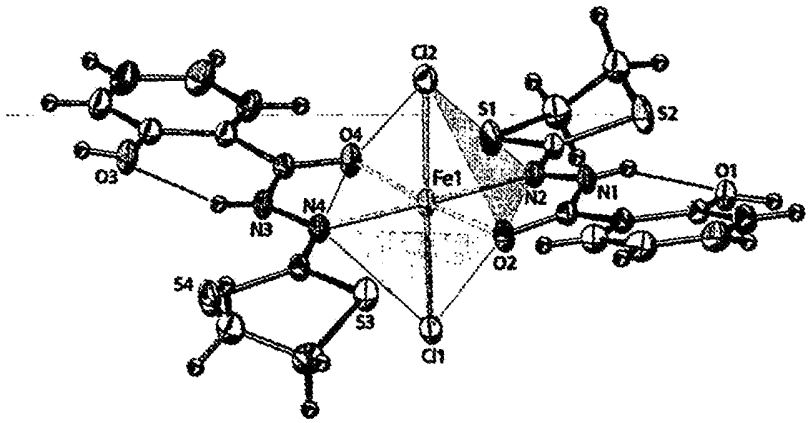


Figura 4

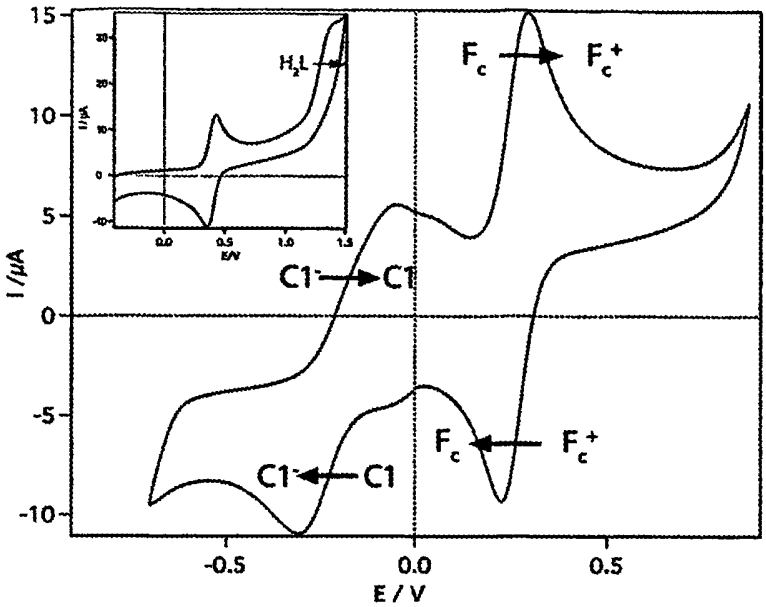


Figura 5

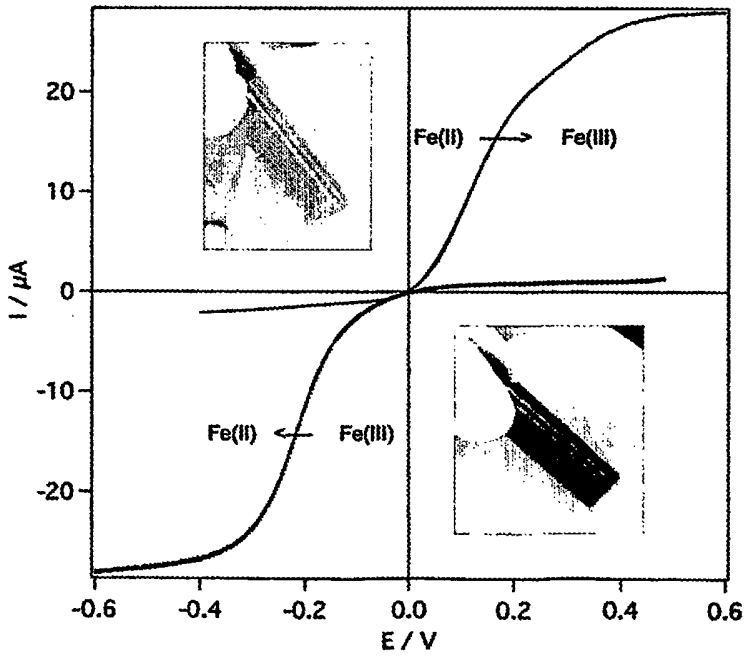


Figura 6

