

(12) PEDIDO INTERNACIONAL PUBLICADO SOB O TRATADO DE COOPERAÇÃO EM MATÉRIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organização Mundial da Propriedade Intelectual
Secretaria Internacional



(10) Número de Publicação Internacional
WO 2016/019449 A1

(43) Data de Publicação Internacional
11 de Fevereiro de 2016 (11.02.2016) **WIPO | PCT**

- (51) **Classificação Internacional de Patentes :**
H01M 12/08 (2006.01) *B60L 11/18* (2006.01)
H01M 8/18 (2006.01) *C25B 5/00* (2006.01)
- (21) **Número do Pedido Internacional :**
PCT/BR2015/050116
- (22) **Data do Depósito Internacional :**
10 de Agosto de 2015 (10.08.2015)
- (25) **Língua de Depósito Internacional :** Português
- (26) **Língua de Publicação :** Português
- (30) **Dados Relativos à Prioridade :**
102014019690-0
8 de Agosto de 2014 (08.08.2014) BR
- (71) **Requerente :** CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS - CNPEM [BR/BR]; Rua Guiseppe Máximo Scolfaro, 10.000, Guará, Barão Geraldo, Campinas, 13083-100 SP (BR).
- (72) **Inventores :** GALEMBECK, Fernando; Rua Dr. Olímpio Silva Miranda nº 674, Cidade Universitária, Campinas, 13083-010 SP (BR). GOUVEIA, Rubia Figueredo; Rua
- El Salvador Nº 519, Jardim Nova Europa, Campinas, 13040-097 SP (BR).
- (74) **Mandatário :** VAZ E DIAS ADVOGADOS & ASSOCIADOS; Rua da Assembléia 10/1504, Centro, Rio de Janeiro, 20011000 - RJ (BR).
- (81) **Estados Designados** (*sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção nacional existentes*) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Estados Designados** (*sem indicação contrária, para todos os tipos de proteção regional existentes*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasiático (AM, AZ, BY, KG,

(Continua na página seguinte)

(54) **Title :** METHOD AND CELL FOR PRODUCING ELECTRICITY BY HYGROELECTRICITY AND DIRECT OXIDATION OF SOLID AND LIQUID REDUCING SUBSTANCES

(54) **Título :** PROCESSO E CÉLULA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR HIGROELETRICIDADE E OXIDAÇÃO DIRETA DE SUBSTÂNCIAS SÓLIDAS E LÍQUIDAS REDUTORAS

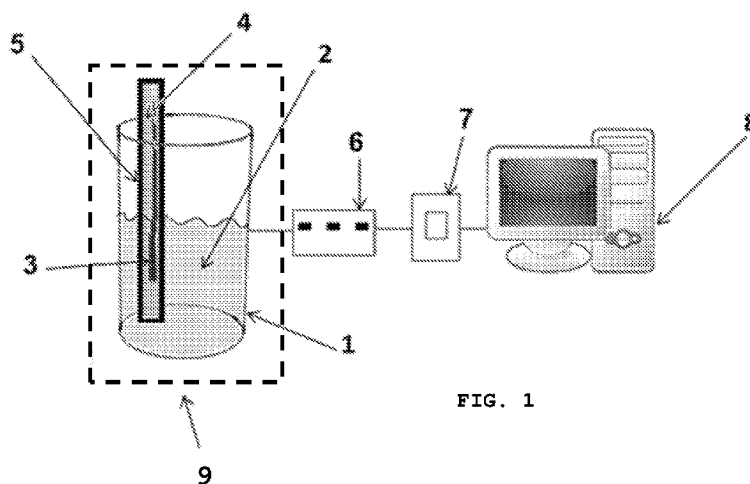


FIG. 1

(57) **Abstract :** The present invention relates to a method for generating electricity characterised in that the surfaces of electrodes are electrified by ions generated by the dissociation of water, followed by the depolarisation of the electrodes through chemical oxidising-reducing reactions with the substances in contact with the electrodes. The hygroelectric cell (9, 29) which operates according to the method described in this invention comprises a positive electrode (3, 23) coated with a semi-permeable material (5, 25) or ion-conducting material and submerged in a dispersion or solution of oxidising substances (4), and a negative electrode (1, 21) submerged in a dispersion or solution of reducing substances (2). The electrodes can be solid or multilayered electrodes. The electric current generated can be directly used or stored by any means or apparatus known in the prior art, including batteries and capacitors. The invention uses renewable and abundant natural materials or residues thereof as energy source, including sugar cane bagasse.

(57) **Resumo :**

(Continua na página seguinte)



WO 2016/019449 A1

KZ, RU, TJ, TM), Europeu (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declarações sob a Regra 4.17 :

— *relativa à autoria da invenção (Regra 4.17(iv))*

Publicado:

— *com relatório de pesquisa internacional (Art. 21(3))*

A presente invenção se refere a um processo de geração de eletricidade caracterizado pela eletrização da superfície de eletrodos por íons gerados pela dissociação da água, seguida da despolarização dos eletrodos através de reações químicas de óxido-redução de substâncias em contato com os eletrodos. A célula higoelétrica (9,29) que opera através do processo descrito nesta invenção compreende um eletrodo positivo (3,23) revestido por um material (5,25) semipermeável ou condutora de íons e imerso em uma dispersão ou solução de substâncias oxidantes (4) e um eletrodo negativo (1,21) imerso em uma dispersão ou solução de substâncias redutoras (2). Os eletrodos podem ser únicos ou montados em multicamadas. A corrente elétrica gerada é de uso imediato ou pode ser armazenada por qualquer meio ou equipamento conhecido da técnica, inclusive baterias e capacitores. A invenção usa materiais naturais renováveis e abundantes ou seus resíduos como fonte de energia, inclusive bagaço de cana de açúcar.

**PROCESSO E CÉLULA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA POR
HIGROELETRICIDADE E OXIDAÇÃO DIRETA DE SUBSTÂNCIAS SÓLIDAS
E LÍQUIDAS REDUTORAS**

CAMPO DA INVENÇÃO

5 [001] A presente invenção refere-se a: (i) um processo de produção de energia por higroeletricidade baseado em corrente elétrica gerada pela eletrização da superfície de eletrodos por adsorção de íons originários da dissociação da água, seguida de uma despolarização dos mesmos eletrodos
10 através de reações químicas de óxido-redução de substâncias dissolvidas ou dispersas em meio líquido em contato com os eletrodos; e (ii) às células, dispositivos e conjuntos geradores da corrente elétrica produzida por este processo.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

15 [002] A eletrização de materiais foi descoberta há mais de 2500 anos. Os primeiros relatos são atribuídos a Tales de Mileto, que realizou experimentos de eletrização de objetos por atrito.

[003] Fenômenos eletrostáticos e suas consequências são
20 familiares para a maioria das pessoas, porém importantes pesquisadores do estado da arte como Schein (*Science*, 2007, 316, p. 1572), Bailey (*J. Electrostat.*, 2001, 51-52, p. 82). e Castle (*J. Electrostat.*, 1997, 40, p. 13) ressaltam que o conhecimento científico sobre este tópico ainda é empírico.
25 Schein, no artigo citado, faz uma revisão sobre o estado da arte e ressalta que a maior parte dos pesquisadores acredita que a eletrização é um fenômeno de superfície, e que os grandes desafios na técnica constituem-se na criação de superfícies reproduzíveis e na obtenção de reprodutibilidade
30 experimental em laboratórios.

[004] O desconhecimento atual do mecanismo de acúmulo e dissipação de cargas eletrostáticas não é somente restrito à área de materiais e se estende a outros campos da ciência. Como citado em Heldson (*J. Geophys. Res.*, 2002, 107, p.4630),
5 é possível verificar que a geofísica não tem ainda um modelo efetivo para explicar a eletrização da atmosfera. Processos industriais são prejudicados pelo acúmulo de cargas em materiais dielétricos. A revista *Przeglad Pözarniczny* (<http://starszawersja.ppoz.pl/wwwold/current.htm>) e o ESD
10 Journal (<http://www.esdjournal.com>) ilustram essa afirmação mostrando inúmeros exemplos de acidentes com descargas eletrostáticas que vão desde danos a componentes eletrônicos até a ocorrência de explosões. Murtomaa, em *J. Electrostat.*, 2004, 62, p.63, cita que a eletrização de pós causa
15 dificuldades para seu manuseio e pode desencadear explosões. Gilles, em *Org. Proc. Res. & Develop.*, 2003, 7, p.1048 cita que o fluxo de líquidos dielétricos gera cargas estáticas que podem causar explosões e incêndios. Todos estes problemas se devem ao desconhecimento dos mecanismos de acúmulo e
20 dissipação de cargas.

[005] A eletricidade estática devido ao contato entre diferentes materiais é frequentemente compreendida na série triboelétrica, como descrito por Diaz e Felix-Navarro (*J. Electrostat.*, 2004, 62, p.277).

25 [006] Segundo Lowell e Rose-Innes (*Adv. Phys.* 1980, 29, p.947), a eletrização no contato entre metais e semicondutores é bem estabelecida. A teoria predominante para este fenômeno é da transferência de elétrons, com polaridade determinada pela função de trabalho das fases em
30 contato.

[007] Com relação à eletrização de isolantes, artigos de pesquisadores como Németh (*J. Electrostat.* 2003, 58, p.3), Davidson (*J. Electrostat.* 2001, 51-52, p.374), Chen (*IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.* 2001, 8, p.867 e *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.* 2004, 11, p.113), Hogue (*J. Electrostat.* 2004, 61, p.259), Duff (*J. Electrostat.* 2008, 66, p.51), Bigarré (*Appl. Phys.* 1999, 85, p.7443), Choi (*Jpn. J. Appl. Phys.* 2007, 46, p.7861) e Park (*Chem. Eng. Sci.* 2007, 62, p.371) ilustram que as ideias fundamentais hoje predominantes ainda não foram bem conectadas à estrutura destes materiais. Um exemplo desta afirmação reside no desconhecimento de quais são as espécies portadoras de cargas em um material isolante eletrificado e como elas podem ser detectadas e identificadas.

[008] A eletrização de isolantes como polímeros, cerâmicas e vidros por contato ou atrito, fundamentada na teoria de funções de trabalho, foi proposta por alguns autores, mas essa teoria vem sendo objetada por importantes pesquisadores no estado da técnica, como descrito por Williams (*American Scientist*, 2012, 100, p.316).

[009] Recentes estudos de autores na disciplina concluíram que a eletrização no contato entre diferentes substâncias resulta de uma transferência de íons derivados da água (hidroxônios ou hidroxilas) entre as superfícies em contato. Os fenômenos eletrostáticos têm uma importante contribuição dos íons derivados da água presentes na atmosfera, bem como dos íons gerados pela água eletrizada adsorvida em superfícies. Os íons atmosféricos são portadores de cargas que também migram sob a ação de campo elétrico, distribuídas dentro de um gradiente de potencial

elétrico que segue a equação de Poisson-Boltzmann. Os íons são adsorvidos sobre superfícies sólidas e líquidas e descarregados eletroquimicamente sobre superfícies metálicas e semicondutoras. A água adsorvida sob um dado potencial V adquire um excesso de concentração de íons H^+ e OH^- em equilíbrio seguindo a equação de potencial eletroquímico. Devido à importância dos íons atmosféricos para os fenômenos eletrostáticos, técnicas de caracterização em fase gasosa são de particular interesse, especialmente sob atmosfera normal.

[0010] Jacobs, em *Science*, 2001, 291, p. 1763 e McCarty, em *J. Am. Chem. Soc.*, 2007, 129, p.4075 e *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2007, 46, p.206, apresentaram resultados de padrões eletrostáticos sobre superfícies de eletretos que foram obtidos com base no acúmulo de cargas decorrentes da transferência de íons nas superfícies. McCarty, em *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2008, 47, p.2188, propôs que a eletrização no contato entre dielétricos é devida à partição assimétrica de hidroxilas de água adsorvida nas interfaces. Por outro lado, Liu e Bard, em *Nature Materials*, 2008, 7, p.505 e em *J. Am. Chem. Soc.*, 2009, 131, p.6397, descreveram observações cuja interpretação admite a formação de elétrons livres como portadores de cargas em superfícies de politetrafluoretileno (PTFE) quando eletrizadas com polimetacrilato de metila (PMMA).

[0011] Autores como Burgo (*Langmuir*, 2012, 28, p.7407) e Gouveia (*Analytical Chemistry*, 2012, 84, p.10191) reforçam as recentes teorias, mostrando respectivamente em seus artigos que a triboeletrização da superfície de polímeros hidrofóbicos se deve à presença de íons formados

mecanoquimicamente e a eletrização de sólidos em contato com a umidade atmosférica ou de sólidos imersos em água decorre da natureza ácida ou básica da superfície do sólido. Ducati (*Langmuir*, 2010, 26, p.13763) mostra que um filme de alumínio em atmosfera úmida adquire cargas negativas enquanto um filme de aço inoxidável se carrega positivamente, porque o óxido formado sobre o alumínio é ácido e sobre o aço inox é básico.

[0012] O modelo de eletrização e de geração de energia elétrica por higroeletricidade proposto nesta invenção fundamenta-se também em resultados obtidos por Soares (*Journal of the Brazilian Chemical Society*, 2008, 19, p.277), Rezende (*Journal of Physics: Condensed Matter*, 2009, 21, p.263002), Bernardes (*Journal of Physical Chemistry C.*, 2010, 114, p.19016), Gouveia (*Journal of Physical Chemistry C.*, 2008, 112, p.17193; *Journal of the American Chemical Society*, 2009, 131, p.11381; *Química Nova*, 2010, 33, p.2103), Burgo (*J. Electrostat.*, 2011, 69, p.401) e Santos (*Journal of Physical Chemistry C.*, 2011, 115, p. 11226), além dos autores anteriormente citados.

[0013] O fenômeno de adsorção da água sobre superfícies metálicas foi modelado e aplicado por Galembeck para a geração de eletricidade por higroeletricidade.

[0014] O processo e dispositivo de geração estão descritos no pedido de patente PI0905342, do citado inventor, publicado em 2011. Neste referido dispositivo, a corrente elétrica é gerada pela adsorção de íons de sinais opostos em dois diferentes eletrodos metálicos, produzindo neles uma corrente de elétrons. Entretanto, a potência gerada pelos dispositivos descritos em PI0905342 é muito baixa e não tem encontrado aplicações práticas devido à intensidade da

corrente eletrônica, que depende da: (a) taxa cinética da adsorção de íons; (b) ocorrência de reações de óxido-redução nos eletrodos ou junto a eles para transformar a corrente iônica em eletrônica, impelindo elétrons do eletrodo negativo para o circuito elétrico e os consumindo no eletrodo positivo.

[0015] Os principais eletrodos de referência no estado da técnica são eletrodos de hidrogênio, de calomelano e de prata/cloreto de prata. Eletrodos de referência apresentam potencial estável e constante. O eletrodo de hidrogênio é muito pouco usado na prática, devido a sua dificuldade de preparação e consiste de uma lâmina de platina revestida por negro de platina, posicionada dentro de um tubo. Pela entrada lateral deste tubo, gás hidrogênio é injetado até atingir uma solução de ácido clorídrico concentrado. O eletrodo de calomelano é de fácil preparação e é formado por mercúrio e por calomelano, também denominado cloreto de mercúrio I, adicionados a uma solução de cloreto de potássio. O eletrodo de prata/cloreto de prata é composto por um fio de platina revestido com uma camada de cloreto de prata, imerso em uma solução de cloreto de potássio de concentração conhecida, saturada por cloreto de prata. Em pilhas eletroquímicas, a corrente iônica consiste no movimento dos íons dissolvidos no líquido contido entre os eletrodos descritos.

[0016] Em eletrodos metálicos, a maneira mais simples de impelir elétrons a partir do eletrodo negativo é a oxidação do metal. Quando o metal do eletrodo é o alumínio, esse processo consome o alumínio e recobre o eletrodo com o seu óxido, que é uma substância não condutora, causando a destruição do mesmo. A saída de elétrons do eletrodo positivo

pode ser feita através da redução da água, com formação de hidrogênio. Este é um fenômeno importante e interessante, mas cineticamente desfavorável na maioria dos metais, com a exceção de metais preciosos como a platina. A produção de hidrogênio exige que o potencial do eletrodo não seja muito positivo, logo é prejudicada quando o eletrodo se torna positivo pela adsorção de íons.

[0017] De uma forma completamente diferente da geração de energia em pilhas eletroquímicas, na presente invenção a corrente iônica deriva da adsorção seletiva de íons H^+ ou OH^- nas interfaces sólido-líquido. Por essa razão, algumas formas de uso desta invenção utilizam água pura ou vapor de água, ao invés de soluções eletrolíticas. A aplicação destas formas apresenta a vantagem prática de dispensar o uso de eletrólitos.

[0018] A presente invenção contorna os problemas comuns da arte fazendo uma modificação em cada um dos eletrodos positivo e negativo. Essa modificação nos eletrodos será mais bem descrita a seguir, com a referência das figuras. A primeira modificação compreende alocar uma substância orgânica e redutora em contato com o eletrodo negativo, que fornecerá elétrons ao circuito externo. A segunda modificação compreende alocar uma substância oxidante acessível e de baixo custo em contato com o eletrodo positivo, que receberá elétrons do circuito externo. Estas modificações inovadoras permitiram gerar correntes elétricas na ordem de grandeza de miliampère, pelo menos um milhão de vezes superior à geração obtida pelo dispositivo descrito em PI0905342, que também se baseia na capacidade de eletrodos adsorverem íons positivos ou negativos da água, mas gera

correntes elétricas da ordem de um bilionésimo de ampère ou inferior, apresentando uma importante limitação para sua aplicação.

[0019] Portanto, os resultados apresentados pela
5 presente invenção rebatem particulares crenças e conceitos
historicamente abraçados pelo estado da arte. Uma das
modalidades descritas nesta invenção é uma célula
higroelétrica geradora de energia elétrica constituída por
eletrodos de celulose. Como esta substância é usualmente
10 reconhecida como eletricamente isolante, o uso de eletrodos
de celulose é desconsiderado pelo estado da arte. Ainda
assim, experimentos com eletrodos de celulose nesta invenção
permitem obter correntes elétricas muito superiores às
relatadas no pedido PI0905342.

15 BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[0020] A presente invenção refere-se a um processo
para geração de corrente elétrica, baseado no princípio de
higroeletricidade, e às células, dispositivos ou conjuntos
que promovem esta geração e que diferem das pilhas ou
20 baterias conhecidas no estado da arte.

[0021] Uma das modalidades da invenção compreende
uma célula, dispositivo ou conjunto formado por pelo menos
dois eletrodos, um positivo e outro negativo, sendo que o
primeiro está em contato com uma substância oxidante e o
25 segundo está em contato com uma substância redutora, aqui
também denominada "meio redutor". O sinal do potencial de
cada eletrodo é determinado pela sua capacidade de adsorver
íons positivos ou negativos da água e não pelo seu potencial
redox, como ocorre em pilhas e baterias eletroquímicas. Por
30 outro lado, a intensidade da corrente elétrica é definida

pelas reações redox nos dois eletrodos.

[0022] Os fundamentos da presente invenção podem ser representados de maneira simplificada pelo seguinte arranjo experimental e mecanismo de funcionamento:

5 [0023] Uma peça metálica ou não metálica designada como A tem superfície ácida, de maneira que, imersa em água ou em uma atmosfera úmida, adsorve íons hidroxila, negativos, emitindo uma corrente de elétrons;

10 [0024] A peça A está em contato físico com outras substâncias, caracterizadas por serem redutoras, isto é, emissoras de elétrons, que se somam à corrente produzida pela peça A;

15 [0025] Uma peça metálica ou não metálica designada como B tem superfície básica, de maneira que, imersa em água ou em uma atmosfera úmida, adsorve íons hidrônio, positivos, atraindo uma corrente de elétrons provindos dos materiais condutores que estejam em contato;

20 [0026] A peça B está em contato físico com outras substâncias, caracterizadas por serem oxidantes, isto é, captadoras dos elétrons provenientes da corrente emitida pela peça A;

25 [0027] As peças A e B são separadas por qualquer material que seja permeável a íons, mas que não seja condutor de elétrons, ou seja, um material condutor de corrente iônica e isolante de corrente eletrônica.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0028] A presente invenção será, a seguir, exemplificada com base nas Figuras 1 e 2.

30 [0029] A referida Figura 1 apresenta um diagrama esquemático da modalidade da célula higroelétrica com

eletrodo único de forma cilíndrica da presente invenção.

[0030] A referida Figura 2 mostra um diagrama esquemático da modalidade da célula higroelétrica com eletrodos únicos de forma retangular montados em camadas
5 formando um eletrodo com estrutura em multicamada da presente invenção.

[0031] Outras modalidades de construção são possíveis utilizando o processo tecnológico descrito nessa invenção, para os versados no estado da arte.

10 DESCRIÇÃO DETALHADA DAS FIGURAS

[0032] Nas Figuras 1 e 2 estão representadas duas modalidades típicas de construção da célula higroelétrica que é o objeto da presente invenção, que produz energia elétrica por higroeletricidade a partir da oxidação direta
15 de substâncias sólidas e líquidas redutoras.

[0033] Na Figura 1, a célula compreende um eletrodo negativo (1), um meio redutor (2), um eletrodo positivo (3), uma substância oxidante (4) e uma membrana semipermeável a íons e isolante de elétrons (5).

20 [0034] O eletrodo negativo (1) é constituído de um recipiente especialmente selecionado em função da sua capacidade volumétrica e do seu material constituinte, metálico ou não metálico condutor. O eletrodo negativo (1) é preenchido com uma quantidade conhecida do meio redutor
25 (2).

[0035] O meio redutor (2) é uma substância sólida ou líquida dispersa ou dissolvida em água, ou em um meio líquido contendo água, ou em uma corrente gasosa contendo água em fase vapor, ou ainda em um líquido em forma pura.

30 [0036] O eletrodo negativo (1) difere do estado da

técnica especificamente por alocar o meio redutor (2), que é uma substância orgânica fornecedora de elétrons ao circuito externo. Exemplos dessas substâncias orgânicas incluem álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, fenóis, monossacarídeos como a glicose, a frutose e a manose, oligômeros como a sacarose e a celobiose, polissacarídeos como o amido, a dextrana e a manana, celulose em sua forma pura, celulose em polpa mecânica, celulose em polpa química, celulose regenerada, produtos industriais de base celulósica, papel, materiais lignocelulósicos, lignosulfonatos, lignina, resíduos lignocelulósicos dos processos produtivos de papel e papelão, descartes e resíduos de papel e papelão, viscoso, rejeitos de diferentes processos domésticos e industriais de base celulósica, , biomassas vegetais constituídas por madeira de diferentes espécies arbóreas e arbustivas, rejeitos do processamento de cana de açúcar incluindo bagaço, rizomas, folhas, ponteiros e outros elementos característicos, frações, cascas, sementes, folhas, troncos, talos e ramos de diferentes vegetais tratados mecanicamente *in natura* ou após tratamento biológico ou químico, palha vegetal, serragem, composto vegetal, materiais húmicos, turfa de origem vegetal, turfa de origem animal, turfa de origem mineral, turfa de carvão e turfa de materiais carbonosos, materiais carbonosos em diferentes formatos como pó, pedaços, filmes, blocos, bastões, briquetes, fios, fibras, nanotubos, micro e nanofilamentos, não se limitando às formas estruturais e geométricas listadas, resíduos industriais sólidos e líquidos de diferentes naturezas, resíduos agrícolas sólidos e líquidos de diferentes naturezas, resíduos municipais sólidos e líquidos ricos em

matéria orgânica, efluentes líquidos domésticos, efluentes líquidos industriais ricos em matéria orgânica, chorume, licores industriais e licores residuais ricos em matéria orgânica, sendo esta uma lista não exaustiva de substâncias reductoras aplicáveis. Dessa forma, o eletrodo negativo transmite elétrons liberados pela oxidação destas substâncias reductoras e não apenas resultantes da oxidação do material do eletrodo.

[0037] O eletrodo positivo (3) compreende uma estrutura única ou em multicamada que pode ser preparada a partir de diferentes substâncias metálicas ou não metálicas. O eletrodo positivo (3) é inserido na membrana semipermeável a íons (5) que é preenchida com a substância oxidante (4).

[0038] Na montagem de uma modalidade da célula geradora de energia da presente invenção, a membrana semipermeável (5) contendo o eletrodo (3) e a substância oxidante (4) é imersa no meio redutor (2).

[0039] O eletrodo positivo (3) difere do estado da técnica especificamente por alocar a substância oxidante (4), sendo essa uma substância acessível e de baixo custo, que receberá elétrons do circuito externo. Exemplos destas substâncias incluem o óxido de manganês IV, os óxidos de ferro III (hematita, goethita, amorfos) e II/III (maguemita, amorfos), persulfatos, ferratos, manganatos, permanganatos, permanganatos de metais alcalinos, peróxido de hidrogênio, cloro em sua forma pura, óxidos de cloro, cloratos, cloritos, hipocloritos, persulfatos e óxido de prata, sendo esta uma lista não exaustiva de substâncias oxidantes conhecidas da arte. Em sistemas estacionários que estejam sujeitos a um excelente controle de emissões e à reciclagem de 100% dos

reagentes, também é possível usar substâncias oxidantes que apresentam riscos toxicológicos como o óxido de chumbo, sais de chumbo, óxido de cromo, sais de cromo, óxido de chumbo IV, óxido de cromo VI, cromatos e plumbatos.

5 [0040] O processo da presente invenção em questão se baseia na eletrização de materiais de qualquer tipo quando sua superfície entra em contato direto com água ou quando ocorre condensação, adsorção ou absorção de vapor de água na sua superfície. Neste processo, os íons da água não são
10 adsorvidos estequiometricamente, produzindo um excesso de carga na superfície do material diretamente molhada pela água ou sobre a qual o vapor se condensa, seja o material sólido ou líquido, condutor elétrico ou não.

[0041] A forma mais simples para garantir o contato
15 da superfície do material com vapor de água é expor a interface do objeto ao ar. Entretanto, o ar pode ser substituído por qualquer gás conhecido ou mistura de gases que contenha uma umidade relativa tão alta quanto seja praticamente possível. Em uma modalidade desta invenção, as
20 superfícies dos eletrodos (1 e 3) que se deseja eletrizar são expostas ao ar atmosférico, que contém umidade relativa em qualquer valor conhecido. O ar é transferido por gravidade, bombeamento, aspiração ou por qualquer outro meio de transferência de massa que o permita se colocar em contato
25 com a interface dos eletrodos (1 e 3) que se deseja eletrizar. Alternativamente, a interface dos eletrodos (1 e 3) também pode ser molhada com água ou com um líquido que contenha água.

[0042] O tempo de exposição à atmosfera do material
30 dos eletrodos ou do material úmido adjacente necessário para

eletrização é curto, superior a um milionésimo de segundo, e seu valor é função da cinética de troca das moléculas e íons da água entre a superfície do fluido ou sólido utilizado e da concentração de água na atmosfera ou no meio líquido
5 que está em contato com os eletrodos.

[0043] Observando-se o comportamento de diferentes materiais neste processo de eletrização, verifica-se que a partição de íons depende do caráter ácido ou básico da superfície do material, independentemente do seu potencial
10 de óxido-redução. Essa característica permite que não apenas metais, mas também substâncias isolantes como papel, celulose, alumina, óxido de cálcio e outras possam atuar como eletrodos. O resultado do emprego desses materiais será descrito seguir para as várias modalidades da presente
15 invenção.

[0044] O acoplamento entre a corrente eletrônica em condutores elétricos e a corrente iônica em líquidos, soluções líquidas ou superfícies que contenham íons, é obtido pela provocação ou permissão da ocorrência de reações redox
20 na interface entre o eletrodo e o líquido ou superfície que está em contato com ele. Este acoplamento é necessário para o funcionamento dos eletrodos (1 e 3) da presente invenção, sendo comum em qualquer pilha ou bateria eletroquímica conhecida na arte.

[0045] A Figura 2 apresenta outra forma de implantação da invenção que compreende a montagem de uma célula (29) em multicamada a partir de um eletrodo negativo
25 (21), um meio redutor (2), um eletrodo positivo (23), uma substância oxidante (4) e um material semipermeável a íons
30 e não condutor de eletricidade (25) selecionado de um grupo

de materiais que inclui papel, celofane e suas misturas ou compósitos. Os materiais aplicáveis na montagem da célula multicamada (29) são os mesmos descritos na montagem da célula (9) da figura 1.

5 [0046] Outra forma de implantação da invenção em multicamada, de extrema simplicidade de montagem e fácil aplicação prática, compreende a preparação de um conjunto que será o eletrodo de trabalho, caracterizada pela interposição de uma folha de alumínio entre folhas de papel
10 de celulose. A folha de alumínio é responsável pelo contato elétrico. Diversos conjuntos são empilhados e umedecidos, formando uma pilha à base de papel, que apresenta uma diferença significativa de potencial elétrico. O eletrodo de referência é constituído por uma tela de aço inox em contato
15 com uma dispersão de dióxido de manganês.

[0047] Em ambas as modalidades da célula representadas nas figuras 1 e 2, o eletrodo (1,21) é conectado a um circuito externo (6) onde estão instalados um ou mais capacitores que efetuarão ciclos de carga e descarga
20 em paralelo com a célula (9,29), o circuito externo sendo controlado por um computador (8) dispondo de software comercial de controle, sendo o software conhecido para gerenciar parâmetros de automatização de ciclos de carga e descarga. Os sinais emitidos pelo circuito externo (6) são
25 adquiridos por um milivoltímetro (7) de alta impedância e lidos como diferença de potencial elétrico. Os sinais podem ser tratados numericamente por software do milivoltímetro (7) ou pelo software no computador (8) para reportar outras variáveis de interesse ou para gerar gráficos.

30 [0048] Quando se deseja armazenar a eletricidade

produzida pela célula (9,29), esta pode ser conectada a um capacitor, supercapacitor, resistor, bateria ou pilha recarregável ou ainda a uma célula de combustível geradora de hidrogênio ou a qualquer outro dispositivo conhecido da arte. Esses dispositivos de armazenamento não estão ilustrados na figura. Também pode ser feito o uso direto da energia produzida por essa célula, conectando a sistemas de alimentação de redes para distribuição de eletricidade, sistemas de acionamento de iluminação, sistemas de alimentação de circuitos de controle, sistemas de medição ou comunicação, sendo esses alguns exemplos de aplicação. A célula (9,29) descrita é capaz de gerar energia em um regime intermitente ou contínuo.

[0049] Nos exemplos 1 a 15 descritos a seguir, os ciclos de carga e descarga são promovidos em intervalos periódicos de tempo, pela ação de relês instalados no circuito externo (6). O circuito é constituído por dois relês que são conectados na célula (9) e por um terceiro relê conectado ao capacitor, que será carregado pela célula, dispositivo ou conjunto. O relê associado ao capacitor é acionado pela aplicação de um potencial externo nos terminais adjacentes ao relê, o que ocasiona o fechamento do circuito e o curto-circuito do capacitor. Por outro lado, quando o potencial externo no contato adjacente dos terminais do relê é anulado, os terminais conectados ao capacitor se abrem e conseqüentemente o capacitor registra esta diferença de potencial elétrico.

[0050] Os relês são acionados pelo programa de controle, que regula a automatização da abertura e fechamento dos terminais adjacentes dos relês, respectivamente anulando

ou aplicando o potencial externo. O registro dos ciclos de carga e descarga no software de controle é feito da seguinte forma: os terminais dos relês conectados à célula, dispositivo ou conjunto se abrem, iniciando a carga destes elementos e simultaneamente os terminais do capacitor se fecham, descarregando o capacitor. Em sequência, o capacitor se recarrega através da energia elétrica gerada na célula (9). O programa registra progressivamente a leitura da variação da diferença de potencial elétrico do capacitor durante seu carregamento e descarregamento. O programa permite realizar sucessivos ciclos e variar a programação do tempo e do número de ciclos de carga-descarga do capacitor.

[0051] No exemplo 16 descrito a seguir, a energia é gerada pela célula (9,29) em corrente contínua, e é avaliada por um circuito compreendendo um resistor no lugar do capacitor dos exemplos anteriores.

[0052] Os exemplos mostrados a seguir não são exaustivos e ilustram algumas das muitas formas do objeto da invenção, portanto devem ser interpretadas de forma ilustrativa, e não restritiva. Os exemplos indicam ainda o processo pelo qual as cargas e potenciais elétricos são formados, isto é, como a eletricidade é gerada quando metais e isolantes são colocados em contato com água, soluções aquosas ou materiais umedecidos por água, permitindo a adsorção de íons H^+ ou OH^- de forma seletiva, segundo a acidez ou basicidade da camada superficial do sólido.

EXEMPLO 1

[0053] Na modalidade padrão da invenção, um eletrodo (3) constituído de uma esponja de aço inox (massa total: 3,24 g e diâmetro do fio de 0,044 mm) foi inserido dentro de

uma membrana (5) constituída de um saco de diálise de dimensões 12 cm de altura e 1,5 cm de largura, contendo uma substância oxidante (4) constituída de uma dispersão de dióxido de manganês 43% em massa em água. O conjunto foi
5 colocado dentro de um eletrodo (1) constituído de uma lata cujo material constituinte principal é aço galvanizado, de modo que o conjunto ficasse posicionado verticalmente dentro da lata e isolado eletricamente da mesma. Dentro da lata, foi colocada um meio redutor (2) constituído de uma dispersão
10 de 10 g de bagaço de cana de açúcar em 900 mL de água. A diferença de potencial elétrico medida entre a lata e o eletrodo de esponja de aço inox foi de -950 mV. Os eletrodos foram conectados a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 10s e 10s. Foram
15 adquiridos dados por aproximadamente 20h, compreendendo 3600 ciclos. A diferença de potencial elétrico manteve-se estável durante todo esse tempo. Resultados deste experimento são os seguintes:

Tabela 1 - Diferença média de potencial elétrico, potência
20 média e corrente média por ciclo em 10 s de carga do capacitor.

Diferença de potencial elétrico (mV)	-281,2
Potência média por ciclo (\square W)	37,2
Corrente média por ciclo (mA)	0,13

EXEMPLO 2

[0054] Neste exemplo, dois eletrodos (3) de esponja de aço inox, respectivamente com massas de 3,05 g e 3,00 g,
25 de dimensões e forma similares ao eletrodo do exemplo 1, foram inseridos dentro da membrana (5) constituída do saco

de diálise de dimensões 12 cm de altura e 1,5 cm de largura contendo a substância oxidante (4) constituída de uma dispersão de dióxido de manganês 43% em massa em água. O conjunto foi inserido na mesma lata e contendo dispersão, descritos no exemplo 1, lata e dispersão estas que constituem o eletrodo (1) e meio redutor (2), respectivamente. A diferença de potencial elétrico medida entre a lata, cujo material constituinte principal é aço galvanizado, e os eletrodos de esponja de aço inox foi de -1092 mV. Essa célula foi conectada a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 15s e 15s. Foram adquiridos dados por aproximadamente 70h, compreendendo 8400 ciclos. A diferença de potencial elétrico manteve-se estável durante todo esse tempo. Resultados deste experimento são os seguintes:

Tabela 2. Diferença média de potencial elétrico, potência média e corrente média por ciclo em 15 s de carga do capacitor.

Diferença de potencial elétrico (mV)	-798
Potência média por ciclo (\square W)	200
Corrente média por ciclo (mA)	0,25

EXEMPLO 3

[0055] Dois eletrodos (3) foram preparados separadamente na forma de bastões de grafite de massas 25,7 g e 25,0 g. Cada bastão foi colocado em uma correspondente membrana (5) constituída de um saco de diálise de dimensão 12 cm por 1,5 cm, contendo substância oxidante (4) constituída de uma dispersão de dióxido de manganês 43% em massa em água. O conjunto foi colocado dentro de uma lata,

constituindo o eletrodo (1), cujo material constituinte principal é aço galvanizado, de modo que o conjunto ficasse posicionado verticalmente dentro da lata e isolado eletricamente da mesma. Na lata, foi colocada um meio redutor
5 (2) constituído de uma dispersão de 10 g de bagaço de cana de açúcar em 900 mL de água. A diferença de potencial elétrico medida entre a lata e os bastões de grafite foi de -1127 mV. Essa célula foi conectada a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 15s e
10 15s. Foram adquiridos dados por 34h, totalizando 4080 ciclos. A diferença de potencial elétrico manteve-se estável durante todo esse tempo. Resultados deste experimento são os seguintes:

Tabela 3. Diferença média de potencial elétrico, potência
15 média por ciclo e corrente média em 15 s de carga do capacitor.

Diferença de potencial elétrico (mV)	-597,2
Potência média por ciclo (\square W)	112
Corrente média por ciclo (mA)	0,19

EXEMPLO 4

[0056] No exemplo 4, um eletrodo (3) constituído por uma tela de aço inox de 12 cm por 1,5 cm com fios de dimensão
20 0,05 mm em malha 200 foi colocado dentro de uma membrana (5) constituída de um saco de diálise de 12 cm por 1,5 cm contendo substância oxidante (4) constituída de uma dispersão de dióxido de manganês 25% m/m em água. Esse eletrodo (3) foi colocado dentro de uma lata, constituindo o eletrodo (1),
25 cujo material constituinte principal é aço galvanizado, de modo que o conjunto ficasse posicionado verticalmente dentro

da lata e isolado eletricamente da mesma. Na lata foi colocada um meio redutor (2) constituído de uma dispersão de 20 g de folhas secas de árvores em 900 mL de água. A diferença de potencial elétrico medida entre a lata e o eletrodo (3) constituído pelo pedaço de tela de aço inox foi de -1175 mV. Em seguida, essa célula (9) compreendendo os eletrodos (1,3) em contato com o meio (2) e a substancia (4), separados pela membrana (5), foi conectada a um supercapacitor de 1F. Os valores acumulados da diferença de potencial elétrico em função do tempo estão descritos abaixo:

Tabela 4. Diferença de potencial elétrico (DDP) e potência média em função do tempo de acúmulo de carga no supercapacitor de 1F.

Tempo (min)	DDP (mV)	Potência média (\square W)
0	0	0
10	-101,2	17,1
20	-178,2	26,5
30	-236,2	31,0
40	-279,2	32,5
50	-315,2	33,1
60	-343,2	32,7

EXEMPLO 5

[0057] Na presente modalidade, um eletrodo (3) preparado com um pedaço enrolado de tela com 15 cm de altura e massa total de 7,07 g, composto por fios de aço inox semelhantes aos do exemplo 4, foi colocado dentro de uma membrana (5) constituída de um saco de diálise idêntico ao do exemplo 4, que continha uma dispersão de dióxido de

manganês 43 % m/m em água. Essa célula foi colocada dentro de uma lata, constituindo o eletrodo (1), cujo material constituinte principal é alumínio, de modo que o conjunto do eletrodo (3) ficasse posicionado verticalmente dentro da lata e isolado eletricamente da mesma. Na lata, foi colocada um meio redutor (2) constituído de uma dispersão de 10 g de carvão ativado em 210 mL de água. A diferença de potencial elétrico medida entre a lata e o eletrodo (3) constituído da tela de aço inox foi de -1730 mV. Em seguida, a célula (9) foi conectada a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 10s e 20s. Após 21h de aquisição de dados, a diferença média de potencial elétrico acumulada no capacitor foi de -475,2 mV em 10s, gerando respectivamente uma potência média por ciclo e uma corrente média de 106 μ W e 0,22 mA.

EXEMPLO 6

[0058] Nesta modalidade, um eletrodo (3) preparado com um pedaço enrolado de tela com 15 cm de altura e massa total de 6,98 g, composto por fios de aço inox semelhantes aos do exemplo 4, foi colocado dentro de uma membrana (5) constituída de um saco de diálise de 12 cm de altura por 1,5 cm de largura, contendo substância oxidante (4) constituída de uma dispersão de dióxido de manganês 43 % m/m em água. Esse conjunto da membrana (5) contendo a substância oxidante (4) e o eletrodo (3) foi colocado dentro de uma lata, constituindo o eletrodo (1), cujo material constituinte principal é alumínio, de modo que o conjunto do eletrodo (3) ficasse posicionado verticalmente dentro da lata e isolado eletricamente da mesma. Na lata foi acrescentada um meio redutor (2) constituído de uma solução de 10 g de amido de

milho em 210 mL de água (2). A diferença de potencial elétrico medida entre a lata e o eletrodo constituído pela tela de aço inox foi de -1254 mV. Em seguida, a célula (9), compreendendo o conjunto dos eletrodos (1,3), foi conectada a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 10s e 20s. Após 15h, a diferença média de potencial elétrico acumulada no capacitor em 10s foi -382,2 mV, gerando, respectivamente, potência por ciclo e corrente média de 69 μ W e 0,18 mA.

10 **EXEMPLO 7**

[0059] Nesta modalidade, uma célula (9) idêntica ao exemplo 6, porém onde o meio redutor (2) é constituído de uma solução de 10 g de sacarose em 210 mL de água, gerou uma diferença de potencial elétrico medida entre a lata e o eletrodo (3) de -1323 mV. A célula (9) foi conectada a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 10s e 20s. Após 5h de aquisição de dados, totalizando 600 ciclos, a diferença média de potencial elétrico acumulada no capacitor em 10s foi de aproximadamente -587 mV, gerando uma potência média por ciclo de 162 μ W e uma corrente média de 0,27 mA.

EXEMPLO 8

[0060] Nesta modalidade, foi montada uma célula (9) análoga à dos exemplos 6 e 7, porém o meio redutor (2) sendo constituído de uma dispersão de 10 g de bagaço de cana de açúcar em 210 mL de água (2). A diferença de potencial elétrico medida entre a lata e o eletrodo preparado com a tela de aço inox (3) foi de -1200 mV. Em seguida, a célula (9) foi conectada a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 10s e 20s. Após mais de

7200 ciclos, a diferença de potencial elétrico permaneceu muito estável ao longo do tempo, aproximadamente -800 mV em 10s, gerando uma potência média de 300 μ W e corrente de 0,38 mA, por ciclo.

5 **EXEMPLOS 8A E 8B**

[0061] Dois experimentos de controle foram sucessivamente realizados usando a mesma célula (9) do exemplo 8.

[0062] A célula do experimento 8A, primeiro
10 controle, é constituída pelo eletrodo (3) de tela de aço inox imerso em substância oxidante (4) constituída de dispersão de dióxido de manganês e pela lata de alumínio, constituindo o eletrodo (1), imersa apenas em água (2). Não foi adicionado bagaço ou qualquer outro produto ao meio
15 redutor. A célula foi conectada a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 10s e 20s. A diferença de potencial elétrico adquirida para esta célula foi -200,2 mV em 10s de carga do capacitor, gerando uma potência média de 19 μ W.

[0063] A célula do experimento 8B, segundo controle,
20 é constituída pelo eletrodo de tela de aço inox (3), porém sem estar imerso na dispersão de dióxido de manganês (4), e pela lata (1), imersa em água (2). Não foi adicionado bagaço ou qualquer outro produto ao meio redutor. A célula foi
25 conectada a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 10s e 20s. A diferença de potencial elétrico adquirida para esta célula foi -123,2 mV em 10s de carga do capacitor, gerando uma potência média de 7,1 μ W.

30 **EXEMPLO 9**

[0064] Nesta modalidade, seis células (9) contendo
 bagaço de cana, análogas às do exemplo 8, foram montadas em
 paralelo formando um circuito. A diferença de potencial (DDP)
 do circuito aberto foi de -1200 mV. Em seguida, essa célula
 5 foi conectada a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga
 e descarga de diferentes durações. Os respectivos valores de
 potencial elétrico e potência em função do tempo de acúmulo
 de carga estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Diferença de potencial elétrico (DDP) e potência
 10 média em função do tempo de acúmulo de carga no capacitor
 de 4,7 mF.

Tempo (s)	DDP (mV)	Potência (W)
0	0	0
10	-588	162
20	-730	125
30	-782	96
40	-808	77
50	-846	67
60	-864	58

EXEMPLO 10

[0065] Nesta modalidade, as condições do experimento
 são análogas às do exemplo 9, porém com as seis células (9)
 15 montadas em um circuito em série. A diferença de potencial
 (DDP) do circuito aberto foi de -6V. Em seguida, essas
 células foram conectadas a um capacitor de 4,7 mF para ciclos
 de carga e descarga de diferentes durações. Os respectivos
 valores de potencial elétrico e potência em função do tempo
 20 estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Diferença de potencial elétrico (DDP) e potência média em função do tempo de acúmulo de carga no capacitor de 4,7 mF.

Tempo (s)	DDP (mV)	Potência (mW)
0	0	0
10	-680	217
20	-1190	333
30	-1610	406
40	-1960	451
50	-2240	472
60	-2480	482

[0066] Neste mesmo experimento, mais quatro células
 5 (9) análogas foram acrescentadas ao circuito, formando um
 circuito com dez células em série. O circuito das dez células
 foi conectado a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga
 e descarga, e gerou uma potência média por ciclo de 1,1 mW
 em 120s de carga.

10 **EXEMPLO 11**

[0067] Nesta modalidade, o conjunto do eletrodo foi
 montado em camadas, a partir da construção de um dispositivo
 que permitiu interpor um material biomássico entre um pedaço
 retangular de papel celofane de dimensões 2,4 cm por 1,7 cm
 15 (25) e entre dois eletrodos retangulares de dimensões 2,3 cm
 por 1,6 cm (21 e 23). Um dos eletrodos (21) é constituído
 por papel alumínio e o outro eletrodo (23) é constituído por
 uma tela de fios de aço inox semelhante à do exemplo 4. Ambos
 os eletrodos (21,23) são dotados de linguetas de dimensões
 20 0,5 cm por 2 cm em cada um dos seus cantos, de forma que o

papel celofane isolasse completamente os dois eletrodos. As linguetas foram posicionadas no mesmo lado em cada eletrodo, sem se sobrepor. A montagem do conjunto em camadas iniciou-se com o eletrodo (23) de tela de aço inox imerso em substância oxidante (4) constituída de uma dispersão de 43% de MnO₂ m/m e sobre ele foram colocados o papel celofane (25), 4,5 g de bagaço de cana de açúcar, constituindo o meio redutor (2) e por último o eletrodo (21) de papel alumínio. Essa célula (29) foi colocada entre duas lâminas de vidro e presas por um elástico comum de escritório. Em seguida, foi inserido em um frasco de vidro contendo 60 mL de água. A diferença de potencial elétrico medida entre os eletrodos de alumínio e de aço inox foi de -1700 mV. Em seguida, esse dispositivo foi conectado a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 60s e 10s. Após mais de 2300 ciclos, a diferença de potencial elétrico medida foi aproximadamente -457,2 mV em 60s, gerando uma potência média por ciclo de 16,4 \square W.

EXEMPLO 12

[0068] Nessa modalidade, foi construído um conjunto em camadas a partir de: um eletrodo (21) quadrado de papel alumínio na dimensão 10 X 10 cm²; (b) um eletrodo (23) semelhante ao eletrodo de tela de aço inox do exemplo 4, ambos os eletrodos (21,23) sendo dotados de uma lingueta em um dos seus cantos de dimensão 2 cm por 4 cm; e dois pedaços quadrados de papel celofane (25) e filme de polietileno, ambos de dimensão 12 X 12 cm². A montagem do conjunto iniciou-se com o filme de polietileno e em seguida foram colocadas as próximas camadas, na seguinte ordem: o eletrodo de papel alumínio (21), 1,25 g de bagaço de cana de açúcar,

constituindo o meio redutor (2), o papel celofane, como isolante elétrico (25), uma dispersão de MnO_2 43% m/m, constituindo a substância oxidante (4) e o eletrodo de tela de aço inox (23). Essa célula (29) foi enrolada em espiral, gerando uma bobina que foi presa e fixada por um elástico comum de escritório. A bobina foi colocada dentro de um frasco de polietileno contendo 600 mL de solução de Na_2CO_3 0,05 molal. A diferença de potencial elétrico medida entre os eletrodos de alumínio e de aço inox foi de -1750 mV. Em seguida, esse dispositivo foi conectado a um capacitor de 4,7 mF e foram feitos ciclos de carga e descarga respectivamente de 10s e 20s. Após 18h, totalizando aproximadamente 2200 ciclos, a diferença de potencial elétrico medida foi de aproximadamente -1V em 10s de carga do capacitor, gerando uma potência média por ciclo de 470 μW e uma corrente de 0,47 mA.

EXEMPLO 13

[0069] O presente exemplo foi realizado com um conjunto idêntico ao do exemplo 12, porém com substituição da dispersão de MnO_2 por uma dispersão de 75% m/m de óxido de ferro (III) em água. A bobina da célula (29) foi inserida dentro de um frasco de polietileno contendo 600 mL de solução de Na_2CO_3 0,05 molal. A diferença de potencial elétrico medida entre os eletrodos de alumínio e de aço inox foi de -1755 mV. Em seguida, esse dispositivo foi conectado a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de 10s e 20s. Após 18h, totalizando aproximadamente 2200 ciclos, a diferença de potencial elétrico medida foi de aproximadamente -650 mV em 10s de carga do capacitor, gerando uma potência média por ciclo de aproximadamente 199 μW e uma

corrente de 0,30 mA.

EXEMPLO 14

[0070] O presente exemplo foi realizado com um conjunto idêntico ao do exemplo 13, inserido dentro de um
5 frasco de vidro contendo 600 mL de solução de H₂SO₄ 0,05 molal. A diferença de potencial elétrico medida entre os eletrodos de alumínio (21) e de aço inox (23) foi de -970 mV. Em seguida, essa célula foi conectada a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga respectivamente de
10 10s e 20s. Após aproximadamente 5040 ciclos, equivalendo às 42h, a diferença de potencial elétrico obtida foi de aproximadamente -695 mV em 10s de carga do capacitor, gerando uma potência média por ciclo de aproximadamente 227 μ W e uma corrente de 0,33 mA.

15 EXEMPLO 15

[0071] Nesta modalidade, um conjunto foi montado a partir de sete folhas de papel de filtro de dimensão 11 cm por 25 cm. Entre as folhas de papel (25), foi inserida um eletrodo negativo (21) constituído de uma folha de papel
20 alumínio de dimensão 5 cm por 23 cm, dotada de uma lingueta de tamanho 3 cm por 5 cm. Todas as folhas foram empilhadas e o conjunto final foi depositado sobre uma folha de papel celofane (25) de dimensão 11 cm por 25 cm e o eletrodo positivo de aço inox (23) de tamanho 5 cm por 23 cm, dotadas
25 de uma lingueta de dimensão 3 cm por 5 cm. Sobre o aço foi espalhada uma dispersão de dióxido de manganês de 43% em m/m, constituindo a substância oxidante (4). Esse dispositivo da célula (29) foi colocado dentro de um saco de polietileno e o conjunto foi colocado em uma bandeja de
30 polietileno contendo 200 mL de água. A diferença de potencial

elétrico medida entre as folhas de alumínio (21) e de aço inox (23) foi de -1750 mV. Em seguida, esse conjunto foi conectado a um capacitor de 4,7 mF para ciclos de carga e descarga de 10s e 20s respectivamente. Após 20h, equivalendo a aproximadamente a 2400 ciclos de aquisição de dados, a diferença de potencial elétrico medida foi de -700 mV em 10s, ou seja, uma potência média por ciclo de 230 μ W e uma corrente de 0,33 mA.

EXEMPLO 16

[0072] Nessa modalidade, foi construído um conjunto em multicamadas a partir de: um eletrodo negativo (21) de papel alumínio nas dimensões de 6 cm por 6 cm; um eletrodo positivo (23) semelhante ao eletrodo de tela de aço inox do exemplo 4, com dimensões de 6 cm por 6 cm, ambos os eletrodos (21) e (23) dotados de uma lingueta em um dos seus cantos de dimensão 1 cm por 2 cm; e um pedaço de papel de filtro de dimensões 7 cm por 7 cm, usado como isolante elétrico (25). A montagem da célula (29) foi feita em camada na seguinte ordem: iniciou-se com o eletrodo (23) da tela de aço inox, sobre o aço inox foi colocado uma dispersão com as seguintes quantidades: 43% m/m de Fe_2O_3 , com 30% m/m de grafite, 10% de Na_2CO_3 m/m e 5% de NaCl m/m (4). Como separador (25) foi colocado o papel de filtro e em seguida o eletrodo (21) de papel alumínio revestido em suas faces com uma dispersão de 25% m/m de amido, 10% de Na_2CO_3 m/m e 5% de NaCl m/m (2). Essa célula (29) foi colocada dentro de um saco de polietileno com as dimensões de 8 cm por 8 cm. A diferença de potencial elétrico medida entre os eletrodos de alumínio (21) e de aço inox (23) foi de -1300 mV. Em seguida, essa célula foi conectada a um resistor com resistência de 100,3

ohm e foi registrado a diferença de potencial elétrico em função do tempo para a célula. Esta modalidade de montagem da célula gera corrente contínua, diferindo dos exemplos anteriores, que estão em regime intermitente. Após 58 h de
5 duração contínua da célula, a energia específica e potência específica produzida foi de 550 W.h/kg e 9,4 W/kg.

[0073] Muito embora modalidades particulares da invenção presente tenham sido mostradas e descritas nos exemplos, várias combinações e mudanças podem ser feitas no
10 arranjo e montagem das células para satisfazer necessidades específicas sem se afastar da invenção nos seus aspectos originais mais amplos.

[0074] Deve-se compreender que as modalidades descritas acima são meramente ilustrativas e que qualquer
15 modificação ao longo delas pode ocorrer para um técnico no assunto. Por conseguinte, a invenção em comento não deve ser considerada limitada quanto às modalidades descritas neste pedido.

[0075] O técnico no assunto saberá prontamente
20 avaliar, por meio dos ensinamentos contidos no texto e nos exemplos apresentados, vantagens da invenção e propor variações e alternativas equivalentes de realização e materiais aplicados, no entanto, sem fugir ao escopo da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para geração de corrente elétrica por higróeletricidade, compreendendo uma etapa de dissociação iônica da água que produz íons de sinais opostos que são adsorvidos pela superfície de eletrodos constituídos por metais ou por materiais condutores não metálicos, assim eletrizando pelo menos dois eletrodos (1,3,21,23), sendo o referido processo **caracterizado** por compreender ainda uma etapa de despolarização dos eletrodos (1,3,21,23), através da ocorrência de reações redox, na superfície do eletrodo negativo (1,21) eletrizado promovida por um meio redutor (2) em contato com o eletrodo negativo (1,21) e na superfície do eletrodo positivo (3,23) eletrizado promovida por uma substância oxidante (4) em contato com o eletrodo positivo (3,23).

2. Célula geradora de eletricidade a partir do processo da reivindicação 1, compreendendo pelo menos um eletrodo negativo (1,21) e pelo menos um eletrodo positivo (3,23), sendo os referidos eletrodos (1,3,21,23) constituídos por materiais condutores e a célula **caracterizada** pelo fato de compreender ainda:

um meio redutor (2) em contato com o eletrodo negativo (1,21);

uma substância oxidante (4) em contato com o eletrodo positivo (3,23); e

um material semipermeável a íons e isolante de elétrons (5,25), este material (5,25) interposto entre o eletrodo negativo (1,21) e o eletrodo positivo (3,23).

3. Célula, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizada** pelo fato de que o meio redutor (2), em contato

com o eletrodo negativo (1,21), compreende pelo menos uma substância orgânica em solução ou em dispersão, em concentração conhecida, em um líquido solvente em forma pura, tal como a água.

5 4. Célula, de acordo com a reivindicação 2 ou 3, **caracterizada** pelo fato do meio redutor (2) compreender pelo menos uma substância orgânica escolhida a partir do grupo compreendendo álcoois; aldeídos; cetonas; ésteres; fenóis; monossacarídeos, tais como a glicose, a frutose e a manose;

10 oligômeros, tais como a sacarose e a celobiose; polissacarídeos, tais como o amido, a dextrana e a manana; celulose em sua forma pura; celulose em polpa mecânica; celulose em polpa química; celulose regenerada; produtos industriais de base celulósica; papel; materiais

15 lignocelulósicos; lignosulfonatos; lignina; resíduos lignocelulósicos dos processos produtivos de papel e papelão; descartes e resíduos de papel e papelão; viscose; rejeitos de diferentes processos domésticos e industriais de base celulósica; biomassas vegetais constituídas por madeira

20 de diferentes espécies arbóreas e arbustivas; rejeitos do processamento de cana de açúcar incluindo bagaço; rizomas; folhas; ponteiros e outros elementos característicos, frações, cascas, sementes, folhas, troncos, talos e ramos de diferentes vegetais tratados mecanicamente *in natura* ou após

25 tratamento biológico ou químico; palha vegetal; serragem; composto vegetal; materiais húmicos; turfa de origem vegetal; turfa de origem animal; turfa de origem mineral; turfa de carvão e turfa de materiais carbonosos; materiais carbonosos em diferentes formatos como pó, pedaços, filmes,

30 blocos, bastões, briquetes, fios, fibras, nanotubos, micro

e nanofilamentos, não se limitando às formas estruturais e geométricas listadas; resíduos industriais sólidos e líquidos de diferentes naturezas; resíduos agrícolas sólidos e líquidos de diferentes naturezas; resíduos municipais sólidos e líquidos ricos em matéria orgânica; efluentes líquidos domésticos; efluentes líquidos industriais ricos em matéria orgânica; chorume; licores industriais e licores residuais ricos em matéria orgânica.

5 10 2, 3 ou 4, **caracterizada** pelo fato de que a substância oxidante (4) em contato com o eletrodo positivo (3,23) compreende uma dispersão em meio líquido de pelo menos um composto selecionado dos grupos consistindo de:

15 óxido de manganês IV, óxidos de ferro III, como hematita, goethita e amorfos, óxidos de ferro II/III, como maguemita e amorfos, e óxido de prata;

persulfatos, ferratos, manganatos e permanganatos de metais alcalinos em dispersões e em soluções em meio líquido; e

20 cloro em sua forma pura, seus óxidos, cloratos, cloritos, hipocloritos em solução em meio líquido e peróxido de hidrogênio...

6. Célula, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3 ou 4, **caracterizada** pelo fato de que a substância oxidante (4) em contato com o eletrodo positivo (3,23) compreende uma dispersão de um óxido metálico em meio líquido selecionada de um grupo que compreende

30 óxidos, sais metálicos de chumbo e de cromo, como óxido de chumbo IV ou óxido de cromo VI, cromatos e plumbatos, sendo o processo de geração da célula realizado em sistemas

fechados e muito bem controlados quanto a emissões e vazamentos.

7. Célula, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 4, 5 ou 6, **caracterizada** pelo fato de que o eletrodo 5 negativo (1,21) é constituído por pelo menos um material selecionado do grupo compreendendo

um metal como alumínio, prata, ouro, cobre, platina, ferro e qualquer liga metálica destes metais, incluindo latão, aço carbono de diferentes composições, e ainda

10 um material não metálico selecionado do grupo compreendendo carbono, grafite, outras formas estruturais do carbono e os compósitos e blendas destes materiais, reforçadas por partículas metálicas condutivas como prata, ouro e alumínio.

15 8. Célula, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 4, 5, 6 ou 7, **caracterizada** pelo fato de que o eletrodo positivo (3,23) é constituído por pelo menos um material selecionado do grupo compreendendo

20 um metal como aço inoxidável, níquel-cromo e qualquer liga metálica destes metais,

um material não metálico como carbono, grafite e outras formas estruturais do carbono, compósitos e blendas desses materiais;

25 um material não metálico reforçado por materiais carbonáceos condutivos, tal como negro de fumo, grafite e carvão.

9. Célula, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, **caracterizada** pelo fato do eletrodo (1, 3, 21, 23) possuir estrutura única formada por um 30 elemento com uma forma geométrica selecionada de um grupo

que compreende fios, folhas, placas, bastões cilíndricos, quadrados, retangulares, prismáticos, elementos circulares, cilíndricos, esféricos e outras formas geométricas conhecidas e aplicadas para produção de eletrodos no estado da técnica.

10 5 10. Célula, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 4, 5, 6, 7 ou 8, **caracterizada** pelo fato de pelo menos um entre o eletrodo negativo (1, 21) e o eletrodo positivo (3, 23) possuir estrutura multicamada formada por uma combinação de pelo menos dois dos elementos de diferentes formas geométricas selecionadas do grupo que compreende fios, folhas, placas, bastões cilíndricos, quadrados, retangulares, prismáticos, elementos circulares, cilíndricos, esféricos e outras formas geométricas conhecidas e aplicadas para produção de eletrodos no estado da técnica.

20 11. Célula, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ou 10, **caracterizada** pelo fato de ser acoplada a um sistema automatizado de controle de ciclos de carga e descarga elétrica.

25 12. Célula, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11, **caracterizada** pelo fato de ser acoplada a um circuito externo compreendendo pelo menos um elemento selecionado do grupo que compreende capacitores, supercapacitores, baterias, pilhas recarregáveis, sistemas de alimentação de redes para distribuição de eletricidade, sistemas de acionamento de iluminação, sistemas de alimentação de circuitos de controle, sistemas de medição ou comunicação.

30 13. Célula, de acordo com a reivindicação 12,

caracterizada pelo fato da energia ser gerada em regime intermitente.

14. Célula, de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ou 11 **caracterizada** por ser
5 acoplada a um circuito externo compreendendo pelo menos um elemento selecionado do grupo que compreende resistores, baterias, pilhas recarregáveis, sistemas de alimentação de redes para distribuição de eletricidade, sistemas de acionamento de iluminação, sistemas de alimentação de
10 circuitos de controle, sistemas de medição ou comunicação.

15. Célula, de acordo com a reivindicação 14, **caracterizada** pelo fato da energia ser gerada em corrente elétrica contínua.

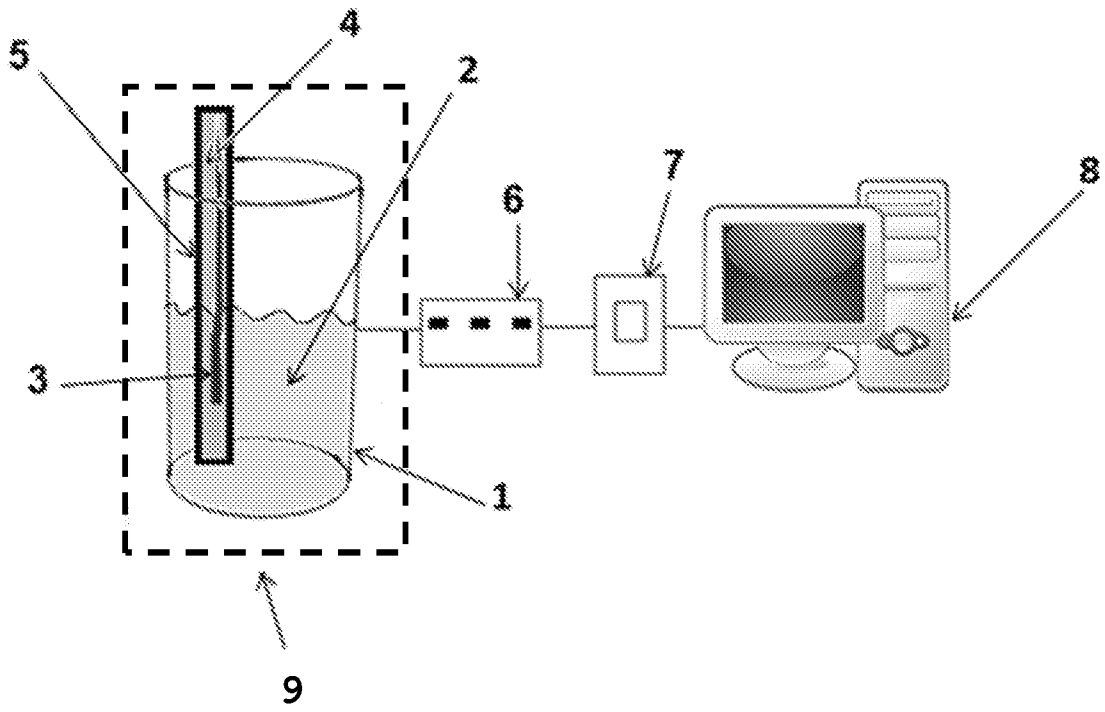


FIG. 1

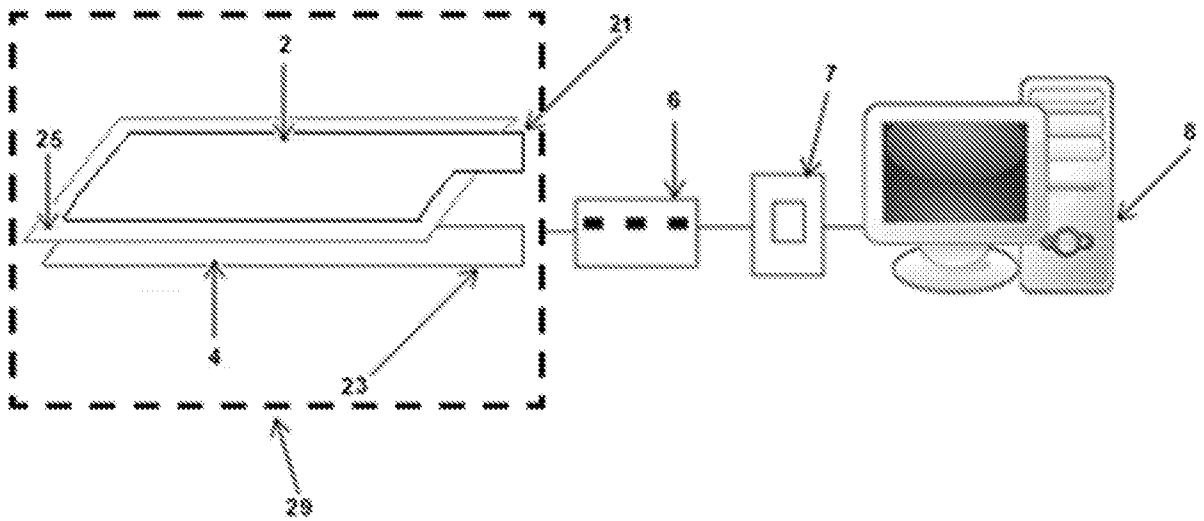


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/BR2015/050116

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 12/08 (2006.01), H01M 8/18 (2006.01), B60L 11/18 (2006.01), C25B 5/00 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Banco de Patentes Brasileiro - INPI - BR

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2014370403 A1 (UNIV SOUTHERN CALIFORNIA [US]) 18 December 2014 (2014-12-18) * Paragraphs 09, 63 e Fig. 1*	1 - 15
X	US 6811905 B1 (GINER ELECTRO CHEMICAL SYSTEMS [US]) 02 November 2004 (2004-11-02) * Fourth Claim and Fig. 1*	1 - 15
X	EP 0100530 A2 (HITACHI LTD [JP]) 15 February 1984 (1984-02-15) *The whole document*	1 - 15
A	EP 1733914 A1 (GS YUASA CORP [JP]) 20 December 2006 (2006-12-20) *The whole document*	1 - 15

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29/09/15

Date of mailing of the international search report

16/10/2015Name and mailing address of the ISA/ **BR**

Authorized officer

Gerlane Carla HonoratoFacsimile No. **+55 21 3037-3663**Telephone No. **+55 21 3037-3493/3742**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/BR2015/050116

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011195283 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 11 August 2011 (2011-08-11) *The whole document*	1 - 15
A	----- US 2014370405 A1 (UCHICAGO ARGONNE LLC [US]) 18 December 2014 (2014-12-18) *The whole document*	1 - 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/BR2015/050116

Documentos de patente citados no relatório de pesquisa	Data de publicação	Membro(s) da família de patentes	Data de publicação
US 2014370403 A1	2014-12-18	WO 2014204985 A1	2014-12-24
-----	-----	-----	-----
US 6811905 B1	2004-11-02	None	
-----	-----	-----	-----
EP 0100530 A2	1984-02-15	EP 0100530 A3	1986-03-19
		CA 1198475 A1	1985-12-24
		DE 3382719 D1	1993-11-25
		JP S5923473 A	1984-02-06
		JP S6356675 B2	1988-11-09
		US 4537840 A	1985-08-27
-----	-----	-----	-----
EP 1733914 A1	2006-12-20	CN 1938176 A	2007-03-28
		CN 100503305 C	2009-06-24
		JP 2006179446 A	2006-07-06
		JP 3818312 B2	2006-09-06
		KR 20070012390 A	2007-01-25
		US 2007190372 A1	2007-08-16
		US 7939210 B2	2011-05-10
		WO 2005095144 A1	2005-10-13
-----	-----	-----	-----
US 2011195283 A1	2011-08-11	US 8642202 B2	2014-02-04
		CN 102142571 A	2011-08-03
		EP 2355223 A1	2011-08-10
		KR 20110089079 A	2011-08-04
-----	-----	-----	-----
US 2014370405 A1	2014-12-18	US 2013224538 A1	2013-08-29
-----	-----	-----	-----

A. CLASSIFICAÇÃO DO OBJETO

H01M 12/08 (2006.01), H01M 8/18 (2006.01), B60L 11/18 (2006.01), C25B 5/00 (2006.01)

De acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC) ou conforme a classificação nacional e IPC

B. DOMÍNIOS ABRANGIDOS PELA PESQUISA

Documentação mínima pesquisada (sistema de classificação seguido pelo símbolo da classificação)

H01M

Documentação adicional pesquisada, além da mínima, na medida em que tais documentos estão incluídos nos domínios pesquisados

Banco de Patentes Brasileiro - INPI - BR

Base de dados eletrônica consultada durante a pesquisa internacional (nome da base de dados e, se necessário, termos usados na pesquisa)

EPODOC

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoria*	Documentos citados, com indicação de partes relevantes, se apropriado	Relevante para as reivindicações Nº
X	US 2014370403 A1 (UNIV SOUTHERN CALIFORNIA [US]) 18 dezembro 2014 (2014-12-18) *parágrafos 09, 63 e Fig. 1*	1 - 15
X	US 6811905 B1 (GINER ELECTRO CHEMICAL SYSTEMS [US]) 02 novembro 2004 (2004-11-02) *quadro reivindicatório e Fig. 1*	1 - 15
X	EP 0100530 A2 (HITACHI LTD [JP]) 15 fevereiro 1984 (1984-02-15) *todo documento*	1 - 15
A	EP 1733914 A1 (GS YUASA CORP [JP]) 20 dezembro 2006 (2006-12-20) *todo documento*	1 - 15

 Documentos adicionais estão listados na continuação do quadro C Ver o anexo de famílias das patentes

* Categorias especiais dos documentos citados:

"A" documento que define o estado geral da técnica, mas não é considerado de particular relevância.

"E" pedido ou patente anterior, mas publicada após ou na data do depósito internacional

"L" documento que pode lançar dúvida na(s) reivindicação(ões) de prioridade ou na qual é citado para determinar a data de outra citação ou por outra razão especial

"O" documento referente a uma divulgação oral, uso, exibição ou por outros meios.

"P" documento publicado antes do depósito internacional, porém posterior a data de prioridade reivindicada.

"T" documento publicado depois da data de depósito internacional, ou de prioridade e que não conflita com o depósito, porém citado para entender o princípio ou teoria na qual se baseia a invenção.

"X" documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada nova e não pode ser considerada envolver uma atividade inventiva quando o documento é considerado isoladamente.

"Y" documento de particular relevância; a invenção reivindicada não pode ser considerada envolver atividade inventiva quando o documento é combinado com um outro documento ou mais de um, tal combinação sendo óbvia para um técnico no assunto.

"&" documento membro da mesma família de patentes.

Data da conclusão da pesquisa internacional

29/09/15

Data do envio do relatório de pesquisa internacional:

16/10/2015

Nome e endereço postal da ISA/BR

INSTITUTO NACIONAL DA
PROPRIEDADE INDUSTRIAL
Rua Sao Bento nº 1, 17º andar
cep: 20090-010, Centro - Rio de Janeiro/RJ

Nº de fax:

+55 21 3037-3663

Funcionário autorizado

Gerlane Carla Honorato

Nº de telefone:

+55 21 3037-3493/3742

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoria*	Documentos citados, com indicação de partes relevantes, se apropriado	Relevante para as reivindicações Nº
A	US 2011195283 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 11 agosto 2011 (2011-08-11) *todo documento*	1 - 15
A	----- US 2014370405 A1 (UCHICAGO ARGONNE LLC [US]) 18 dezembro 2014 (2014-12-18) *todo documento*	1 - 15

RELATÓRIO DE PESQUISA INTERNACIONAL
 Informação relativa a membros da família da patentes

Depósito internacional N°

PCT/BR2015/050116

Documentos de patente citados no relatório de pesquisa	Data de publicação	Membro(s) da família de patentes	Data de publicação
US 2014370403 A1	2014-12-18	WO 2014204985 A1	2014-12-24
-----	-----	-----	-----
US 6811905 B1	2004-11-02	Nenhum	
-----	-----	-----	-----
EP 0100530 A2	1984-02-15	EP 0100530 A3	1986-03-19
		CA 1198475 A1	1985-12-24
		DE 3382719 D1	1993-11-25
		JP S5923473 A	1984-02-06
		JP S6356675 B2	1988-11-09
		US 4537840 A	1985-08-27
-----	-----	-----	-----
EP 1733914 A1	2006-12-20	CN 1938176 A	2007-03-28
		CN 100503305 C	2009-06-24
		JP 2006179446 A	2006-07-06
		JP 3818312 B2	2006-09-06
		KR 20070012390 A	2007-01-25
		US 2007190372 A1	2007-08-16
		US 7939210 B2	2011-05-10
		WO 2005095144 A1	2005-10-13
-----	-----	-----	-----
US 2011195283 A1	2011-08-11	US 8642202 B2	2014-02-04
		CN 102142571 A	2011-08-03
		EP 2355223 A1	2011-08-10
		KR 20110089079 A	2011-08-04
-----	-----	-----	-----
US 2014370405 A1	2014-12-18	US 2013224538 A1	2013-08-29
-----	-----	-----	-----