



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

(21) BR 10 2013 022824-9 A2

(22) Data de Depósito: 06/09/2013

(43) Data da Publicação: 11/08/2015
(RPI 2327)



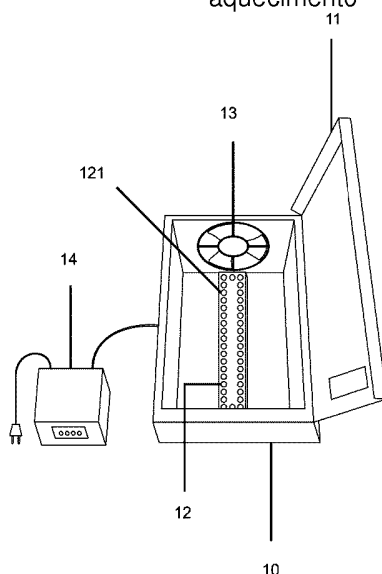
(54) **Título:** APERFEIÇOAMENTO EM EQUIPAMENTO PARA DIGESTÃO DE AMOSTRAS POR VIA ÚMIDA

(51) **Int.Cl.:** B03B13/04

(73) **Titular(es):** Fundação Universidade Federal de São Carlos, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho

(72) **Inventor(es):** Edenir Rodrigues Pereira Filho, José Anchieta Gomes Neto, Kelber dos Anjos de Miranda

(57) **Resumo:** APERFEIÇOAMENTO EM EQUIPAMENTO PARA DIGESTÃO DE AMOSTRAS POR VIA ÚMIDA. É descrito um aperfeiçoamento em equipamento para digestão de amostras por via úmida que emprega tubos de digestão (20) fechados não encapsulados e aquecimento condutivo que possibilita a rápida decomposição de amostras botânicas, alimentícias, clínicas, ambientais e similares, promovendo um gradiente de temperatura em direção à parte superior do tubo de digestão, permitindo que a temperatura da fase gasosa seja inferior à da fase líquida, de forma que as digestões são realizadas à pressão pouco elevada e, consequentemente, os tubos de digestão utilizados podem ter paredes menos espessas, permitindo o rápido aquecimento e resfriamento das amostras, bem como baixo custo de operação e manutenção, simplicidade, alta frequência analítica, redução do consumo de reagentes e diminuição da geração de resíduos, dito equipamento provido de um gabinete (10) que evita a contaminação da atmosfera do laboratório por vapores ácidos e a perda dos componentes voláteis da amostra durante o aquecimento



APERFEIÇOAMENTO EM EQUIPAMENTO PARA DIGESTÃO DE AMOSTRAS POR VIA ÚMIDA

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção descreve um aperfeiçoamento em equipamento para digestão de amostras por via úmida. Mais especificamente compreende um equipamento que emprega tubos de digestão fechados não encapsulados e aquecimento condutivo que possibilita a rápida decomposição de amostras botânicas, alimentícias, clínicas, ambientais e similares, promovendo um gradiente de temperatura em direção à parte superior do tubo de digestão, permitindo que a temperatura da fase gasosa seja inferior à da fase líquida, de forma que as digestões são realizadas à pressão pouco elevada e, conseqüentemente, os tubos de digestão utilizados podem ter paredes menos espessas, permitindo o rápido aquecimento e resfriamento das amostras.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A análise elementar de tecidos botânicos é um requisito essencial na avaliação do estado nutricional das plantas, em estudos de fertilidade e adubação do solo e no monitoramento ambiental (Chojnacka, K.; Chojnacki, A.; Górecka, H.; Górecki, H. Bioavailability of heavy metals from polluted soils to plants. Science of the Total Environment, 337; 1, 175, 2005).

Entre as diversas formas empregadas para o preparo de amostras botânicas visando à determinação de elementos inorgânicos por espectrometria atômica, as mais comuns são aquecimento na presença de um ácido mineral oxidante, de misturas de ácidos oxidantes, ou mistura de um ácido oxidante com peróxido de hidrogênio.

Nos dias de hoje, a tecnologia de digestão assistida por micro-ondas é reconhecida como uma das melhores alternativas para solubilização/decomposição de amostras. Todavia, o forno de micro-ondas não é utilizado pela maioria dos laboratórios de rotina devido ao alto custo e menor frequência analítica quando comparado ao sistema aberto de

digestão em blocos digestores (Sastre, J.; Sahuquillo, A.; Vidal, M.; Rauret, G. Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in environmental samples: Microwave-assisted total digestion versus aqua regia and nitric acid extraction. *Analytica Chimica Acta*, 462; 1, 59, 2002).

- 5 Há poucos relatos na literatura sobre a tentativa de desenvolver sistemas que permitam a digestão de um grande número de amostras em frasco fechado utilizando aquecimento condutivo. Neste caso, a técnica de digestão em frascos fechados sem invólucros de metal, submetidos a pressões moderadas e utilizando aquecimento condutivo em bloco digestor
- 10 pode ser muito útil em análises de rotina (Hale, M.; Thompson, M.; Lovell, J. Large batch sealed tube decomposition of geochemical samples by means of a layered heating block. *The Analyst*, 110; 3, 225, 1985).

Durante as últimas décadas, métodos de preparo de amostras utilizando a decomposição por via úmida em frascos fechados a

15 temperatura e pressão elevadas foram amplamente estudados e aplicados devido às diversas vantagens em relação aos sistemas abertos (Krug, F.J. *Método de Preparo de Amostras*; Fundamentos sobre preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar. Editado por Francisco José Krug. 1a ed. rev. Piracicaba, 2010. 340 p.):

- 20 - diminuição do tempo de digestão, por operar a temperaturas acima do ponto de ebulição do ácido ou mistura ácida;
- evita a perda por volatilização dos elementos;
 - evita vapores ácidos no laboratório;
 - evita a contaminação de amostras por fontes externas;
- 25 - redução do sinal dos brancos uma vez que são utilizadas quantidades mínimas de ácido.

O uso extensivo de procedimentos analíticos utilizando digestão em frasco fechado com aquecimento condutivo teve início em 1960 como resultado do progresso tecnológico na manufatura de polímeros orgânicos

30 (Matusiewicz, H. Wet digestion methods. *Comprehensive Analytical*

Chemistry, 41; 193, 2003). Esses sistemas garantiam a digestão de amostras sólidas atingindo temperaturas de 200-230 °C [(May, I.; Rowe, J.J. Solution of rocks and refractory minerals by acids at high temperatures and pressures. Determination of silica after decomposition with hydrofluoric acid. *Analytica Chimica Acta*, 33; 648, 1965) e (Jackwerth, E.; Gomiscek, S. General aspects of trace analytical methods - VI. Acid pressure decomposition in trace element analysis. *Pure and Applied Chemistry*, 56; 4, 479, 1984)] e utilizavam frascos de PTFE (Teflon®), PFA (perfluoroalcoxi), ou PVDF (polifluoreto de vinilideno); todavia, frascos de quartzo com tampa

10 de PTFE ou frascos de carbono vítreo também foram utilizados para determinação de elementos ao nível de traços. Neste caso, o frasco era montado em uma autoclave de aço inox e aquecido em forno ou bloco de aquecimento até a temperatura desejada e um sistema de resfriamento era adaptado ao invólucro metálico do frasco para permitir o resfriamento mais

15 rápido da bomba de digestão (Kotz, L.; Kaiser, G.; Tschöpel, P.; Tölg, G. Decomposition of biological materials for the determination of extremely low contents of trace elements in limited amounts with nitric acid under pressure in a teflon tube. *Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie*, 260; 3, 207, 1972). Os dispositivos de alívio de pressão utilizados nos frascos eram do

20 tipo mola, discos ou membrana de ruptura, ou tampa mais frágil que o frasco para a mesma função (Stoeppler, M.; Backhaus, F. Pretreatment studies with biological and environmental materials. I. Systems for pressurized multisample decomposition. *Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie Labor und Betriebsverfahren*, 291; 2, 116, 1978). A

25 introdução do HPA (high-pressure ashing) por Knapp em 1985 reduziu o tempo de digestão e também permitiu a decomposição de materiais extremamente resistentes como carbono, fibras de carbono, óleo mineral, etc. A técnica é conduzida em frascos de quartzo (ou carbono vítreo) com temperaturas de até 320 °C a uma pressão de 130 bar. O frasco é

30 estabilizado durante o processo de digestão porque é submetido a uma

pressão externa equivalente ou maior que a desenvolvida em seu interior (Knapp, G. Sample Preparation Techniques - An Important Part in Trace Element Analysis for Environmental Research and Monitoring. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 22; 71, 1985).

- 5 Em 1975, Abu-Samra e colaboradores (Abu-Samra, A.; Morris, J.S.; Koirtiyohann, S.R. Wet ashing of some biological samples in a microwave oven. *Analytical Chemistry*, 47; 1475, 1975) divulgaram o emprego de fornos de micro-ondas domésticos para digerir amostras biológicas. O uso do forno de micro-ondas permaneceu praticamente ignorado para o preparo de amostras até o final da década de 80, crescendo rapidamente em meados da década de 90.

 Atualmente, a tecnologia de digestão assistida por micro-ondas é reconhecida como uma das melhores soluções para realização de decomposições em frasco fechado. A radiação micro-ondas não aquece os vapores presentes na parte superior do frasco, sendo somente absorvida pela fase líquida. Portanto, a temperatura da fase gasosa é inferior a da fase líquida, permitindo a condensação nas paredes do frasco. Como resultado, a pressão de vapor real é muito menor que a teoricamente prevista. Este tipo de desequilíbrio térmico no interior do frasco permite que altas temperaturas sejam alcançadas na fase líquida a pressões relativamente baixas (Smith, F.E.; Arsenault, E.A. Microwave-assisted sample preparation in analytical chemistry. *Talanta*, 43; 8, 1207, 1996). Os materiais de frascos e tampas mais empregados são o PTFE, PFA e TFM® (PTFE quimicamente modificado) com invólucros (camisas) de polietereftercetona (PEEK) ou qualquer outro material resistente e transparente às micro-ondas. Os frascos de decomposição podem ter sensores de pressão e temperatura coletivos ou individuais com dispositivos com refrigeração, válvula de alívio, ou membrana de ruptura. O emprego de frascos de quartzo permite atingir pressões de até 80 bar e temperaturas de até 280 °C em situações reais de preparação de amostra.

Todavia, existem inúmeras aplicações onde as decomposições geram pressões de trabalho menores que 20 bar.

A maioria dos procedimentos de digestão por via úmida de amostras botânicas em sistema fechado emprega ácido nítrico por atuar como um oxidante forte a altas temperaturas e concentrações. Outra vantagem do ácido nítrico é seu manuseio, pois o risco de explosão pelo contato com substâncias orgânicas é muito pequeno. Além disso, pode-se obtê-lo com alta pureza por destilação abaixo de seu ponto de ebulição (Tschöpel, P.; Kotz, L.; Schulz, W.; Veber, M.; Tölg, G. Causes and elimination of systematic errors in the determination of elements in aqueous solutions in the ng/ml and pg/ml range. *Fresenius' Zeitschrift für Analytische Chemie*, 302; 1, 1, 1980) O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) pode ser usado como agente oxidante auxiliar, aumentando o poder oxidante do ácido nítrico.

Wu *et al.* (Wu, S.; Feng, X.; Wittmeier, A. Microwave digestion of plant and grain reference materials in nitric acid or a mixture of nitric acid and hydrogen peroxide for the determination of multi-elements by inductively coupled mass spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 12; 797, 1997) digeriram materiais certificados de plantas e grãos à temperatura máxima de 165 °C com ácido nítrico e concluíram que a inclusão de H_2O_2 propicia um decréscimo dos teores de carbono residual.

Veschetti *et al.* (Veschetti, E.; Maresca, D.; Cutilli, D.; Santarsiero, A.; Ottaviani, M. Optimization of H_2O_2 action in sewage-sludge microwave digestion using pressure vs. temperature and pressure vs. time graphs. *Microchemical Journal*, 67; 1-3, 171, 2000) concluíram que a mistura HNO_3/H_2O_2 promove maior eficiência de oxidação da matéria orgânica a baixas temperaturas (< 200 °C) do que ácido nítrico (HNO_3) puro.

O ácido perclórico ($HClO_4$) não deve ser usado em sistemas fechados pois reações violentas podem causar a explosão dos frascos (Matusiewicz, H. Wet digestion methods. *Comprehensive Analytical Chemistry*, 41; 193, 2003). A mesma advertência deve ser feita para misturas de ácido sulfúrico

(H₂SO₄) e ácido nítrico (HNO₃), pois não devem ser utilizadas para decompor amostras contendo gorduras em sistemas fechados (Tyler, L.J. H₂SO₄ + HNO₃ + fat = danger [2]. *Chemical and Engineering News*, 51; 31, 32, 1973).

5 Dessa forma, a fim de prover uma tecnologia para digestão em sistema fechado capaz de oferecer vantagens como baixo custo de operação e manutenção, simplicidade, alta frequência analítica, redução do consumo de reagentes e diminuição da geração de resíduos, bem como evitar a contaminação da atmosfera do laboratório por vapores ácidos e a
10 perda dos componentes voláteis da amostra durante o aquecimento gerado em sistemas de frascos abertos, é objeto da presente invenção um dispositivo para digestão de amostras por via úmida empregando frascos fechados não encapsulados e aquecimento condutivo, de forma que as paredes menos espessas dos frascos possibilitem a rápida decomposição
15 de amostras botânicas utilizando aquecimento condutivo.

SUMÁRIO

 É característica da invenção um aperfeiçoamento em equipamento para digestão de amostras por via úmida que consiste em opção simples, rápida, eficiente e de baixo custo relativo, capaz de decompor amostras
20 botânicas, alimentícias, clínicas, ambientais, entre outras, para a determinação inorgânica elementar.

 É característica da invenção um aperfeiçoamento em equipamento para digestão de amostras por via úmida que provê alta frequência analítica, redução do consumo de reagentes e diminuição da geração de
25 resíduos.

 É característica da invenção um aperfeiçoamento em equipamento para digestão de amostras por via úmida em que os componentes voláteis da amostra não são perdidos durante o aquecimento, e a atmosfera do laboratório não é contaminada por vapores ácidos, diferentemente do
30 sistema aberto de digestão em bloco digestor.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

A figura 1 apresenta a representação esquemática do equipamento para digestão de amostras por via úmida empregando frascos fechados não encapsulados e aquecimento condutivo.

- 5 A figura 2 apresenta detalhamento do fechamento dos tubos de digestão.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

- 10 O aperfeiçoamento em equipamento para digestão de amostras por via úmida, objeto da presente invenção, compreende um gabinete de digestão (10) com paredes de aço com tratamento anticorrosivo e pintura resistente a vapores ácidos, dito gabinete (10) com a função de proteger o analista durante as digestões em caso de ruptura do tubo digestor (20) ou do vazamento de vapores ácidos.

- 15 O gabinete (10) apresenta uma abertura protegida por uma porta (11) preferentemente posicionada na porção frontal, dita porta (11) que permite o acesso à região interna do gabinete (10) onde é posicionado um bloco digestor (12) e um ventilador (13) posicionado na porção superior do bloco digestor (12) para promover o resfriamento do dito bloco digestor para a abertura dos tubos de digestão (20).

- 20 O gabinete (10) é interligado a uma caixa de comando dotada de um controlador de temperatura microprocessado (14).

- 25 O bloco digestor (12) apresenta revestimento em chapa de aço com tratamento anticorrosivo e pintura eletrostática em epóxi, isolamento em fibra-cerâmica e aquecimento por resistência, apresentando na superfície a disposição de nichos (121) para a inserção individual da base dos tubos de digestão (20) a fim de promover o aquecimento condutivo apenas da parte inferior dos tubos (20) fechados para decomposição das amostras.

- 30 O tubo de digestão (20) compreende um corpo cilíndrico de vidro dotado de uma abertura superior com periferia provida de rosca externa (21), dito tubo (20) que recebe na abertura superior um pino de teflon com

o'ring de elastômero perfluorado (22) para vedação seguido da sobreposição de uma tampa de baquelite com rosca interna (23) que se fixa à rosca externa prevista na porção extrema do tubo de digestão (20), dita tampa de baquelite (23) que pressiona o pino de teflon (22) e funciona
5 como um selo de ruptura pois, sendo menos resistente que o tubo de digestão de vidro (20), rompe em caso de pressão excessiva.

Para a avaliação do equipamento para digestão de amostras por via úmida, foi realizada a decomposição/análise de cinco materiais de referência certificados. A eficiência de decomposição das amostras foi
10 avaliada em função dos teores de carbono residual e das concentrações dos analitos presente nos digeridos, que foram comparadas com os valores certificados.

Cinco materiais de referência certificados de plantas foram digeridos em triplicata de acordo com o seguinte procedimento: 150 mg do material
15 foram pesados em tubos de vidro borosilicato de 32 ml e, em seguida, 1,5 ml de HNO_3 15 mol l^{-1} e 0,75 ml de H_2O_2 30% (m/m) foram adicionados. Cada tubo foi fechado utilizando pino de teflon e tampa de baquelite. O programa de aquecimento foi realizado em três etapas: (1) rampa com taxa de aquecimento de 10 °C/min (20 °C (ambiente) a 200 °C); (2) patamar de
20 15 min a 200 °C; (3) resfriamento (30 min). Após a decomposição das amostras, os digeridos foram diluídos para 12,0 ml com água deionizada.

Os elementos Al (Alumínio), B (Boro), Ba (Bário), Ca (Cálcio), Cd (Cádmio), Co (Cobalto), Cu (Cobre), Fe (Ferro), K (Potássio), Mg (Magnésio), Mn (Manganês), Ni (Níquel), P (Fósforo), S (Enxofre), Sr
25 (Estrôncio) e Zn (Zinco) foram determinados nos digeridos dos cinco materiais de referência certificados por espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES). Os valores obtidos e certificados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Concentrações certificadas (CC) e determinadas (CD) de
30 macronutrientes, micronutrientes e outros elementos traços em cinco

materiais de referência certificados (CRM).

Elem.	Concent.	CRM				
		Folhas de maçã	Folhas de tomate	Folhas de pinheiros	Folhas de espinafre	Folhas de pêssego
Al (mg kg ⁻¹)	CC	286 ± 9	598 ± 12	580 ± 30	310 ± 11	248 ± 8
	CD	256 ± 3	462 ± 12	572 ± 17	230 ± 11	226 ± 5
B (mg kg ⁻¹)	CC	27 ± 2	33,3 ± 0,7	9,6 ± 0,2	37,6 ± 1,0	29 ± 2
	CD	22 ± 2	32,0 ± 0,9	9,7 ± 3,6	43 ± 4	25 ± 9
Ba (mg kg ⁻¹)	CC	49 ± 2	63	6,0 ± 0,2	NC	124 ± 4
	CD	44,0 ± 0,1	51,6 ± 0,2	5,8 ± 0,3	5,41 ± 0,02	114 ± 2
Ca (% m/m)	CC	1,526 ± 0,015	5,05 ± 0,09	0,25 ± 0,01	1,527 ± 0,041	1,56 ± 0,02
	CD	1,556 ± 0,003	4,7 ± 0,03	0,25 ± 0,02	1,51 ± 0,01	1,591 ± 0,006
Cd (mg kg ⁻¹)	CC	0,013	1,52 ± 0,04	0,233 ± 0,004	2,89 ± 0,07	0,026 ± 0,003
	CD	< LOQ	1,31 ± 0,03	0,23 ± 0,01	2,38 ± 0,02	< LOQ
Co (mg kg ⁻¹)	CC	0,09	0,57 ± 0,02	0,061 ± 0,020	0,39 ± 0,05	0,07
	CD	< LOQ	0,45 ± 0,03	< LOQ	0,34 ± 0,03	< LOQ
Cu (mg kg ⁻¹)	CC	5,64 ± 0,24	4,70 ± 0,14	2,8 ± 0,2	12,2 ± 0,6	3,7 ± 0,4
	CD	5,3 ± 0,2	4,51 ± 0,01	2,74 ± 0,04	11,27 ± 0,06	3,7 ± 0,6
Fe (mg kg ⁻¹)	CC	83 ± 5	368 ± 7	46 ± 2	NC	218 ± 14
	CD	71 ± 3	298 ± 10	48 ± 2	230,8 ± 0,7	176 ± 7
K (% m/m)	CC	1,61 ± 0,02	2,70 ± 0,05	0,417 ± 0,007	2,903 ± 0,052	2,43 ± 0,03
	CD	1,487 ± 0,007	2,63 ± 0,04	0,392 ± 0,002	2,86 ± 0,03	2,32 ± 0,02
Mg (% m/m)	CC	0,271 ± 0,008	1,20	0,106 ± 0,017	0,89	0,432 ± 0,008
	CD	0,265 ± 0,002	1,077 ± 0,002	0,097 ± 0,001	0,832 ± 0,008	0,426 ± 0,002
Mn (mg kg ⁻¹)	CC	54 ± 3	246 ± 8	488 ± 12	75,9 ± 1,9	98 ± 3
	CD	47,85 ± 0,07	212 ± 3	448 ± 6	65,7 ± 0,2	84 ± 1
Ni (mg kg ⁻¹)	CC	0,91 ± 0,12	1,59 ± 0,07	1,5 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,69 ± 0,09
	CD	0,9 ± 0,1	1,3 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,2	0,7 ± 0,1
P	CC	0,159 ± 0,011	0,216 ± 0,004	0,107 ± 0,080	0,52 ± 0,01	0,137 ± 0,007

(% m/m)	CD	0,155 ± 0,004	0,211 ± 0,005	0,103 ± 0,002	0,497 ± 0,005	0,127 ± 0,002
S	CC	0,18	0,96	NC	0,46	0,2
(% m/m)	CD	0,169 ± 0,003	0,897 ± 0,003	0,085 ± 0,002	0,45 ± 0,01	0,186 ± 0,003
Sr	CC	25 ± 2	85 ± 8	NC	55,6 ± 0,8	53 ± 4
(mg kg ⁻¹)	CD	23,71 ± 0,02	77,2 ± 0,8	6,35 ± 0,08	48,8 ± 0,2	52,6 ± 0,4
Zn	CC	12,5 ± 0,3	30,9 ± 0,7	38 ± 2	82 ± 3	17,9 ± 0,4
(mg kg ⁻¹)	CD	11,9 ± 0,7	29 ± 1	41 ± 3	77,2 ± 0,2	18 ± 1

A eficiência de decomposição das amostras foi avaliada em função dos teores de carbono residual presente nos digeridos. Os valores obtidos para carbono residual ficaram abaixo de 2000 mg L⁻¹, considerados adequados para a determinação por ICP OES [Bizzi, C. A.; Barin, J. S.; Garcia, E. E.; Nóbrega, J. A.; Dressler, V. L.; Flores, E. M. M. Improvement of microwave-assisted digestion of milk powder with diluted nitric acid using oxygen as auxiliary reagent. *Spectrochimica Acta Part B*, 66; 394, 2011].

Os resultados obtidos para carbono residual e acidez residual nos digeridos podem ser vistos na Tabela 2.

- 10 Tabela 2. Teores de carbono residual e acidez residual nos digeridos dos materiais de referência certificados.

CRM	Carbono residual (mg l ⁻¹)	Acidez residual (mol l ⁻¹)
Folhas de macieira	1119 ± 176	1,66 ± 0,01
Folhas de tomateiro	950 ± 48	1,70 ± 0,01
Folhas de pinheiros	1281 ± 226	1,62 ± 0,04
Folhas de espinafre	1242 ± 77	1,73 ± 0,02
Folhas de pessegueiro	900 ± 67	1,66 ± 0,01

REIVINDICAÇÕES

1. APERFEIÇOAMENTO EM EQUIPAMENTO PARA DIGESTÃO DE AMOSTRAS POR VIA ÚMIDA caracterizado por compreender:
 - a) um gabinete de digestão (10) interligado a uma caixa de comando
5 dotada de um controlador de temperatura microprocessado (14),
 dito gabinete (10) que apresenta uma abertura protegida por uma
 porta (11) e região interna provida de um ventilador (13) posicionado
 na porção superior de um bloco digestor aquecido por resistência
 (12) e que apresenta superfície dotada de nichos (121) para a
10 inserção individual da base de tubos de digestão (20);
 - b) tubos de digestão cilíndricos de vidro (20) dotado de uma abertura
 superior com periferia provida de rosca externa (21), dito tubo (20)
 que recebe na abertura superior um pino de teflon com o'ring de
 elastômero perfluorado (22) seguido da sobreposição de uma tampa
15 de baquelite com rosca interna (23) que se fixa à rosca externa
 prevista na porção extrema do tubo de digestão (20).
2. APERFEIÇOAMENTO EM EQUIPAMENTO PARA DIGESTÃO DE AMOSTRAS POR VIA ÚMIDA, de acordo com a reivindicação 1,
20 caracterizado pelo fato do gabinete de digestão (10) apresentar
 paredes de aço com tratamento anticorrosivo e pintura resistente a
 vapores ácidos.
3. APERFEIÇOAMENTO EM EQUIPAMENTO PARA DIGESTÃO DE AMOSTRAS POR VIA ÚMIDA, de acordo com a reivindicação 1,
25 caracterizado pelo fato do bloco digestor (12) apresentar revestimento
 em chapa de aço com tratamento anticorrosivo, pintura eletrostática
 em epóxi e isolamento em fibrocerâmica.

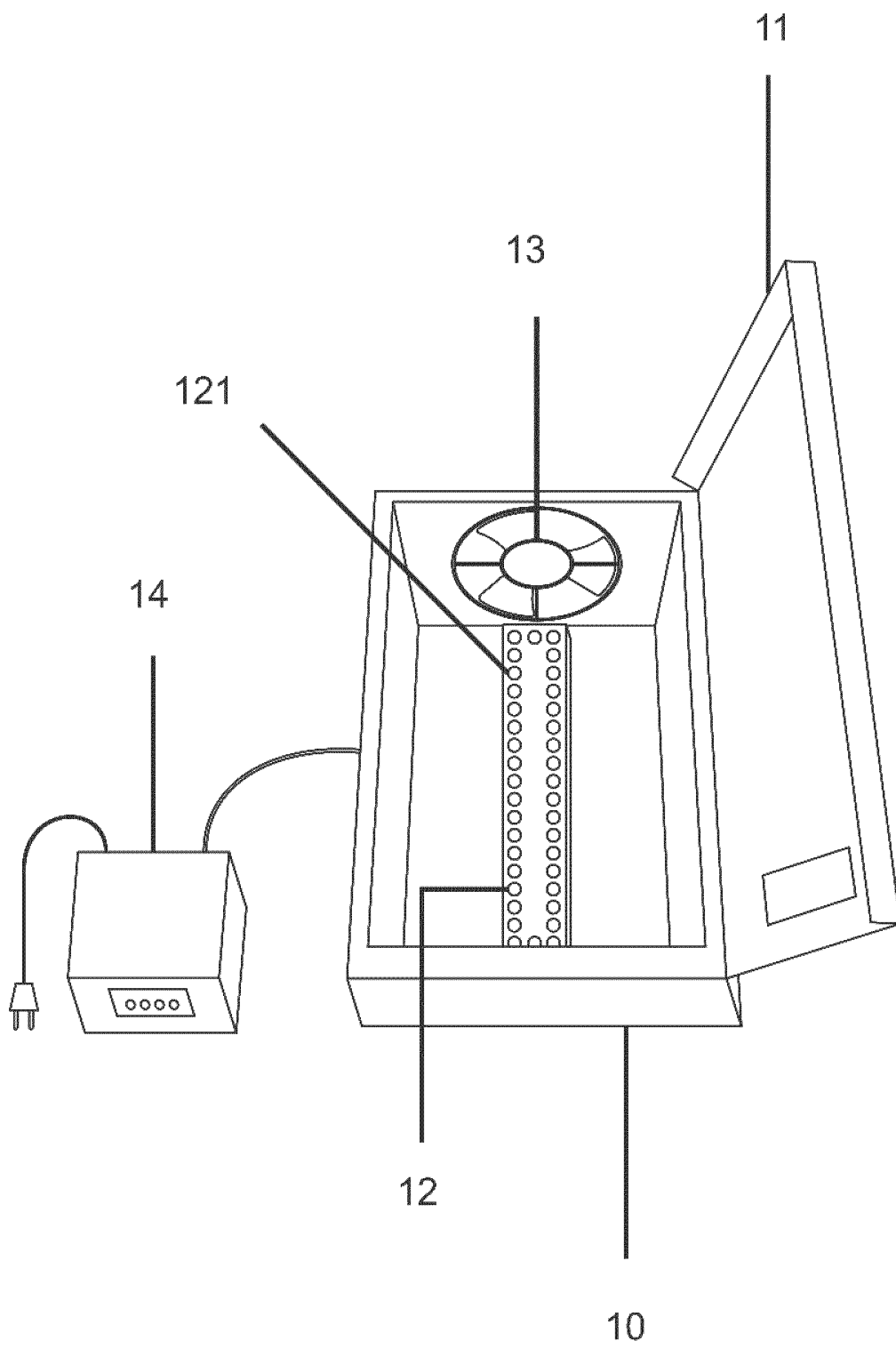


Fig. 1

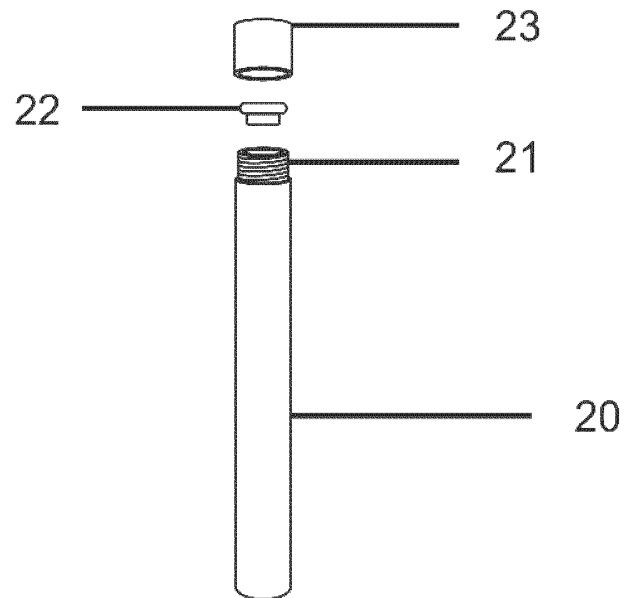


Fig. 2

RESUMO

APERFEIÇOAMENTO EM EQUIPAMENTO PARA DIGESTÃO DE AMOSTRAS POR VIA ÚMIDA

Patente de invenção. É descrito um aperfeiçoamento em equipamento para digestão de amostras por via úmida que emprega tubos de digestão (20) fechados não encapsulados e aquecimento condutivo que possibilita a rápida decomposição de amostras botânicas, alimentícias, clínicas, ambientais e similares, promovendo um gradiente de temperatura em direção à parte superior do tubo de digestão, permitindo que a temperatura da fase gasosa seja inferior à da fase líquida, de forma que as digestões são realizadas à pressão pouco elevada e, conseqüentemente, os tubos de digestão utilizados podem ter paredes menos espessas, permitindo o rápido aquecimento e resfriamento das amostras, bem como baixo custo de operação e manutenção, simplicidade, alta frequência analítica, redução do consumo de reagentes e diminuição da geração de resíduos, dito equipamento provido de um gabinete (10) que evita a contaminação da atmosfera do laboratório por vapores ácidos e a perda dos componentes voláteis da amostra durante o aquecimento.