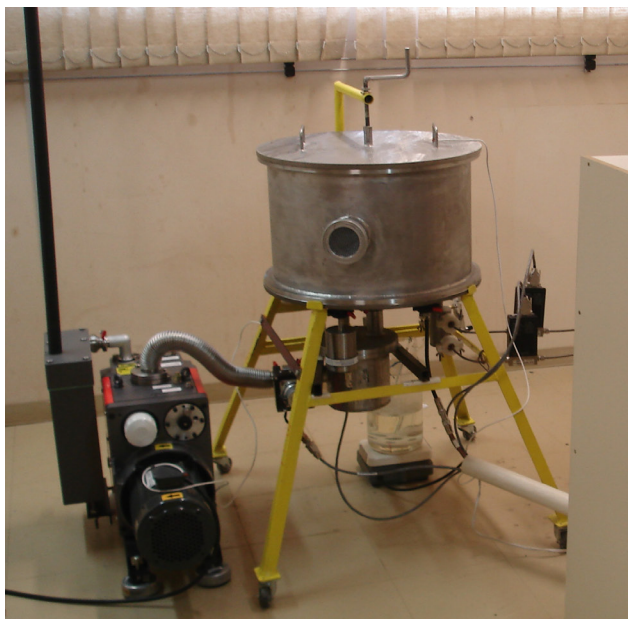


Vista frontal do reator a plasma. Foto: Washington Luiz Esteves Magalhães.



Construção de um Reator a Plasma Frio para Tratamento de Superfície de Materiais

Washington Luiz Esteves Magalhães¹

Estima-se que a maior parte do universo esteja no estado de plasma, como as estrelas, o espaço sideral e a aurora boreal. O plasma é o quarto estado da matéria e pode-se classificá-lo como quente ou frio. No plasma frio (ou fora do equilíbrio), apenas uma pequena porcentagem das moléculas do gás está ionizada, os elétrons estão muito rápidos (quentes) e as demais espécies (moléculas, íons e radicais livres) estão próximas da temperatura ambiente (OHRING, 1992).

O plasma é um conjunto de partículas carregadas movendo-se aleatoriamente, que na média são eletricamente neutras (LIEBERMAN; LICHTENBERG, 1994).

O plasma frio ou descarga luminescente é uma técnica conveniente para modificar a propriedade da superfície dos mais diversos materiais sem alterar o seu volume (WEIKART et al., 1999; BENISHCH et al., 1998).

A polimerização por plasma, sob a forma de filmes ou pó, ocorre sobre as superfícies em contato com uma descarga luminescente em gases orgânicos ou organometálicos (AGOSTINO, 1990).

Na maioria dos processos de revestimento usados na indústria, o precursor flui continuamente no reator ao mesmo tempo em que a descarga se processa. Durante a descarga, o precursor é inteira ou parcialmente transformado em polímero, sendo que os subprodutos gasosos ou as moléculas que não reagiram são continuamente bombeados para fora do reator (AGOSTINO, 1990).

As descargas luminescentes são formadas pela transferência de potência de um campo elétrico aos elétrons. O mecanismo desta transferência dependerá da frequência do campo de ativação da descarga (AGOSTINO, 1990).

No plasma, a força motora é elétrica, sendo que as colisões entre as partículas carregadas e as moléculas neutras do gás são importantes. Nas fronteiras do plasma, as perdas na superfície são significativas. A ionização das espécies neutras mantém o plasma em estado estacionário, e os elétrons não estão em equilíbrio térmico com os íons.

¹ Engenheiro Químico, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*. E-mail: wmagalha@cnpf.embrapa.br

A geração e a manutenção de uma descarga requer uma fonte de energia para produzir a ionização (CHAN et al., 1996).

O objetivo deste trabalho foi construir um equipamento de plasma frio (descarga luminescente em gás rarefeito) para modificar a superfície de materiais com a deposição de filme sólido.

Detalhes construtivos do reator

Para a construção do reator foram gastos cerca de R\$ 120 mil com recursos da FINEP.

O reator foi construído com geometria cilíndrica de forma que o substrato fique apoiado sobre um eletrodo aterrado e diretamente em contato com o plasma gerado. Toda a carcaça do reator foi aterrada por questões de segurança. O eletrodo quente está apoiado na parte inferior do reator e isolado desta com elementos cerâmicos refratários. Através de um cabo coaxial, passando de forma a não permitir vazamento do vácuo pela parte inferior do reator, entra um condutor em contato com o eletrodo para transmitir a energia com alta frequência (Fig. 1).



Fig. 1. Vista geral do reator a plasma construído. Foto: Washington Luiz Esteves Magalhães.

No corpo do reator foram construídas duas janelas que tanto permitem observações quanto futuras análises de espectroscopia óptica do plasma.

Na parte inferior do reator, existem diversos orifícios com flange para a entrada de energia r.f., admissão de gases, medida da pressão com transdutor tipo baratron e válvula para quebra do vácuo. Um orifício central também com flange é empregado para evacuação da

câmara sendo conectado à armadilha de nitrogênio líquido e esta à bomba de vácuo. Outros orifícios estão disponíveis para a introdução de outros dispositivos de mensuração e controle ainda não instalados, como por exemplo, termopar para medida de temperatura, e resistência elétrica, para aquecimento do substrato.

A câmara do reator foi construída em aço inoxidável AISI 304 com corpo cilíndrico de 50 cm de diâmetro interno e 30 cm de altura (Fig. 2).



Fig. 2. Câmara do reator. Foto: Washington Luiz Esteves Magalhães.

A câmara vai operar sob pressão base de até 0,01 torr, conseguida através da bomba de vácuo mecânica de duplo estágio (Fig. 3).



Fig. 3. Bomba de vácuo de duplo estágio marca BocEdwards. Foto: Washington Luiz Esteves Magalhães.

A pressão na câmara é controlada pelo acionamento automático da válvula borboleta (Fig. 3) pelo painel de controle a partir da medida realizada pelo transdutor de pressão baratron (Fig. 4).

A bomba de vácuo é protegida por uma armadilha com nitrogênio líquido que retém todos os subprodutos da reação química dentro da câmara do reator (Fig. 4). A armadilha a nitrogênio líquido foi colocada entre a saída de vácuo e a bomba de vácuo.



Fig. 4. Armadilha de nitrogênio líquido e o transdutor de pressão baratron. Foto: Washington Luiz Esteves Magalhães.

Dependendo do tratamento que se queira realizar, são admitidos os gases Ar e N₂ com controle da vazão mássica pelos controladores, e também os vapores dos líquidos TEOS ou isopropóxido de titânio, através do misturador de gases (Fig. 5). Os gases são distribuídos uniformemente no interior do reator através de um anel distribuidor. Esses podem vir dos cilindros de gases ou de ampolas diretamente conectadas ao misturador através de válvulas do tipo agulha e um fluxímetro. Estas ampolas permitem o emprego de líquidos que tenham razoável pressão de vapor, pode-se também promover aquecimento externo desta ampola. O sistema de admissão é construído permitindo a admissão concomitante de até três gases na câmara do reator.

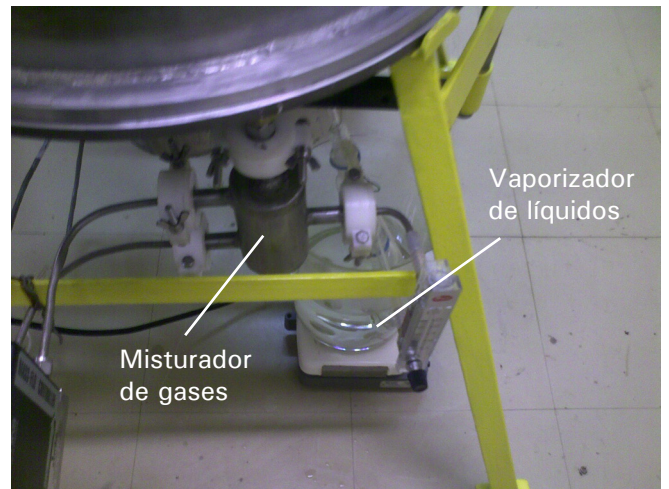
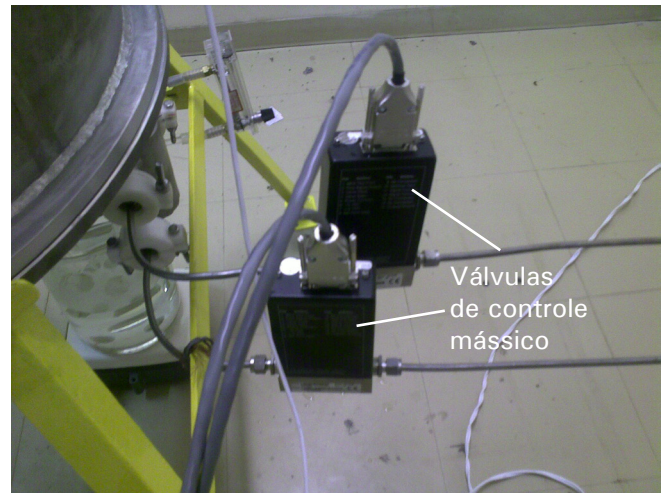


Fig. 5. Detalhes das válvulas de controle mássico e do aparato para evaporar reagentes líquidos. Foto: Washington Luiz Esteves Magalhães.

A Fig. 6 mostra o painel de controle com os diversos controladores e fonte potência de alta frequência (13,5 Mhz) com 300 W de capacidade.

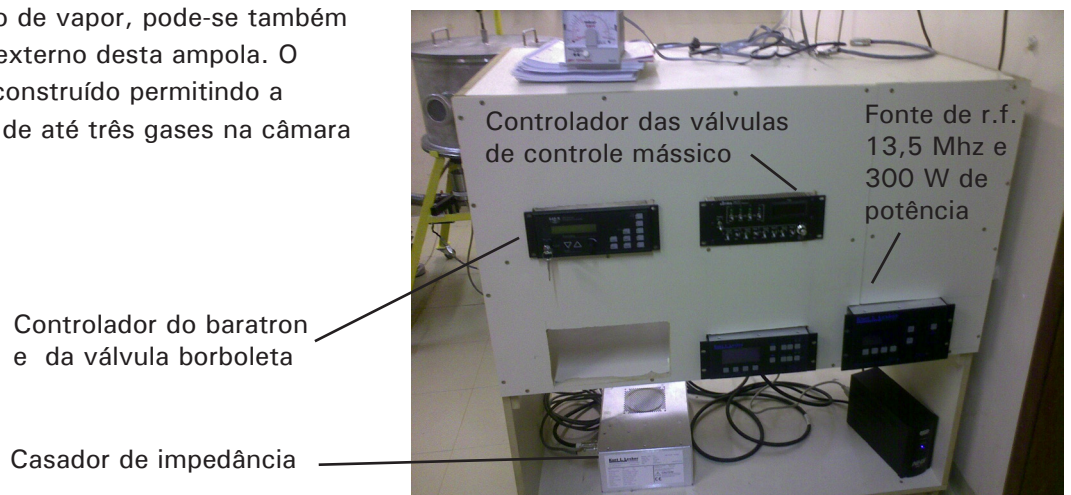


Fig. 6. Painel de controle da instrumentação do reator a plasma. Foto: Washington Luiz Esteves Magalhães.

Através do painel de controle, pode-se monitorar e controlar a pressão da câmara, a vazão de gases e a potência transmitida para o processo.

Possíveis aplicações para o setor florestal

A técnica do plasma frio é bastante eficiente para alterar as propriedades da superfície dos mais diversos materiais. Para o setor de base florestal, possíveis aplicações incluem o endurecimento de superfícies cortantes de ferramentas para desdobro, corte e usinagem em geral de madeira. O aumento da dureza de tais ferramentas permite um aumento de sua durabilidade, menores custos de manutenção, aumento de produtividade e maior rendimento com a possibilidade de se usar elementos de corte de menores espessuras.

A técnica pode ser usada para tratamento de superfície de pisos de madeira ou derivados de madeira, visando à melhoria de propriedades como a dureza para resistir melhor ao risco, aumentar a resistência ao intemperismo (raios UV e água), aumento da repelência à água, ou até mesmo aumentar a adesão a produtos de acabamento (tintas e resinas diversas).

Outra aplicação é o tratamento de superfície papel para aumentar a resistência mecânica e também modificar a sua hidrofobicidade, resistência ao intemperismo, aumento de dureza ou resistência à abrasão.

Muitas outras aplicações poderão ser vislumbradas e dependerão da criatividade e adaptação da técnica.

Referências

- AGOSTINO, R. d'. **Plasma deposition, treatment, and etching of polymers**. Boston: Academic Press, 1990. 529 p.
- BENISHCH, J.; TYCZKOWSKI, J.; GAZICKI, M.; PELA, I.; HOLLÄNDER, A.; LEDZION, R. Formation of hydrophobic layers on biologically degradable polymeric foils by plasma polymerization. **Surface and Coating Technology**, v. 98, p. 872-874, 1998.
- CHAN, C.-M.; KO, T. M.; HIRAOKA, H. Polymer surface modification by plasmas and photons. **Surface Science Reports**, v. 24, p. 1-54, 1996.
- LIEBERMAN, M. A.; LICHTENBERG, A. J. **Principles of plasma discharges and materials processing**. New York: Wiley Intersciences, 1994. 572 p.
- OHRING, M. **The materials science of thin films**. San Diego: Academic Press, 1992. 704 p.
- WEIKART, C. M.; MIYAMA, M.; YASUDA, H. K. Surface modification of conventional polymers by depositing plasma polymers of trimethylsilane and trimethylsilane + O₂. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 211, p. 28-38, 1999.

Comunicado Técnico, 237

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Florestas
 Endereço: Estrada da Ribeira Km 111, CP 319
 Fone / Fax: (0***) 41 3675-5600
 E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2009): conforme demanda

Ministério da Agricultura,
 Pecuária e Abastecimento



Comitê de Publicações

Presidente: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Secretária-Executiva: *Elisabete Marques Oaida*
Membros: *Antonio Aparecido Carpanezi, Cristiane Vieira Helm, Dalva Luiz de Queiroz, Elenice Fritzsos, Jorge Ribaski, José Alfredo Sturion, Marilice Cordeiro Garrastazu, Sérgio Gaia*

Expediente

Supervisão editorial: *Patrícia Póvoa de Mattos*
Revisão de texto: *Mauro Marcelo Berté*
Normalização bibliográfica: *Elizabeth Câmara Trevisan*
Editoração eletrônica: *Mauro Marcelo Berté*