

CENTRO DE PROCESSAMENTO DE PÓS METÁLICOS E CERÂMICOS ⁽¹⁾

Francisco Ambrozio Filho ⁽²⁾
José Carlos Bressiani ⁽³⁾
Rubens Nunes de Faria Junior ⁽⁴⁾
Luis Antonio Genova ⁽⁵⁾
Ricardo Mendes Leal Neto ⁽⁶⁾
Lalgudi Venkataraman Ramanathan ⁽⁷⁾
Jesualdo Luis Rossi ⁽⁷⁾

RESUMO

Financiado com recursos do PADCT, o Centro de Processamento de pós Metálicos e Cerâmicos (CPP) será implantado no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN, no âmbito da Coordenadoria de Engenharia e Ciência dos Materiais. O propósito de sua criação é a prestação de serviço em pesquisa e desenvolvimento de procesos ou produtos que envolvam a tecnologia de pó. Os US\$ 2.755.794,00 aprovados serão gastos na aquisição de equipamentos de processo, em sua maioria, e de caracterização de pós. Apresenta-se uma descrição sucinta das técnicas disponíveis no CPP bem como aspectos relativos ao seu gerenciamento. As pesquisas em andamento no IPEN em tecnologia do pó também são relatadas.

Palavras Chave: Tecnologia do Pó, Processamento

(1) - Contribuição técnica a ser apresentada no 50º Congresso Anual da ABM, São Pedro, SP, 01/08/95 à 04/08/95.

(2) - Membro da ABM, Ph. D., Pesquisador do IPEN-CNEN/SP;

(3) - Membro da ABC, Ph. D., Pesquisador do IPEN-CNEN/SP;

(4) - Ph. D., Pesquisador do IPEN-CNEN/SP;

(5) - Membro da ABC, M. Sc., Pesquisador do IPEN-CNEN/SP;

(6) - Membro da ABM, M. Sc., Pesquisador do IPEN-CNE/SP;

(7) - Membro da ABM, Ph. D., Pesquisador do IPEN- CNEN/SP;

INTRODUÇÃO

O Centro de Processamento de Pós Metálicos e Cerâmicos (CPP), financiado pelo PADCT-1994, sub-programa de novos materiais, tem como finalidade básica desenvolver pesquisas relativas ao processamento de pós, para obtenção de componentes com aplicações tecnológicas. Tem ainda como objetivo a prestação de serviços de apoio à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico de indústrias, universidades e outras instituições de pesquisa, bem como o treinamento e formação de pessoal na área de processamento de pós.

Os recursos financiados pelo PADCT (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) para implantação do CPP são de US\$ 2755794,00, sendo sua maioria destinada à aquisição de equipamentos de processamento e de caracterização de pós. As técnicas introduzidas, adicionadas às já existentes no IPEN, permitirão caracterizar, manusear e misturar pós, sua conformação e densificação por diversas maneiras, bem como a caracterização do produto obtido. Nesta última categoria destacam-se a prensagem isostática a quente e a conformação por "spray". Desta forma, o aparato tecnológico reunido no centro permitirá o desenvolvimento de materiais e produtos específicos, sejam os dos programas em desenvolvimento no IPEN, sejam aqueles oriundos da indústria ou de outras instituições de pesquisas.

A operação plena do CPP está prevista para daqui há 36 meses, sendo que suas atividades tiveram início já no primeiro semestre de 1995. Durante este período serão implementadas as novas técnicas de tecnologia do pó e a sistemática de prestação de serviços.

Apresentam-se neste trabalho a infraestrutura do CPP após sua implantação definitiva, as linhas de pesquisas atuais do IPEN em tecnologia do pó e a estrutura organizacional e de gerenciamento do CPP.

INFRAESTRUTURA DO CPP

Descreve-se neste item, a capacitação em tecnologia do pó (processamento e caracterização) que terá o CPP, após a sua implantação.

O processamento de pós metálicos e cerâmicos pode ser subdividido nas seguintes etapas: caracterização físico química, condicionamento e consolidação em um ou dois estágios, acabamento e caracterização do produto. O fluxograma da Fig. 1 apresenta esquematicamente, a sequência de processamento.

Diversas técnicas são utilizadas nestas etapas, das quais descrever-se-á as principais, relacionadas com o projeto, e os respectivos equipamentos envolvidos. Não ser em casos especiais, não faz parte dos objetivos do CPP, a obtenção ou síntese dos pós, sendo os mesmos considerados matéria prima inicial.

Os pós devem ser caracterizados física e quimicamente, de modo a se determinar sua pureza química, distribuição de tamanho, área de superfície específica e forma das partículas, fases cristalinas presentes, e outras características específicas. O IPEN possui um grupo especializado em caracterização química, apto a analisar quimicamente diversos tipos de materiais. Dentre as características físicas, a área de superfície específica e distribuição de tamanho de partículas são parâmetros essenciais para o controle e reprodutibilidade do processo. O CPP disporá de equipamentos para

determinação de área de superfície específica a base de adsorção gasosa (método BET) e para determinação da distribuição e tamanho médio das partículas, para análise na faixa entre 0,1 a 500 μm (difração Laser).

PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE PÓS

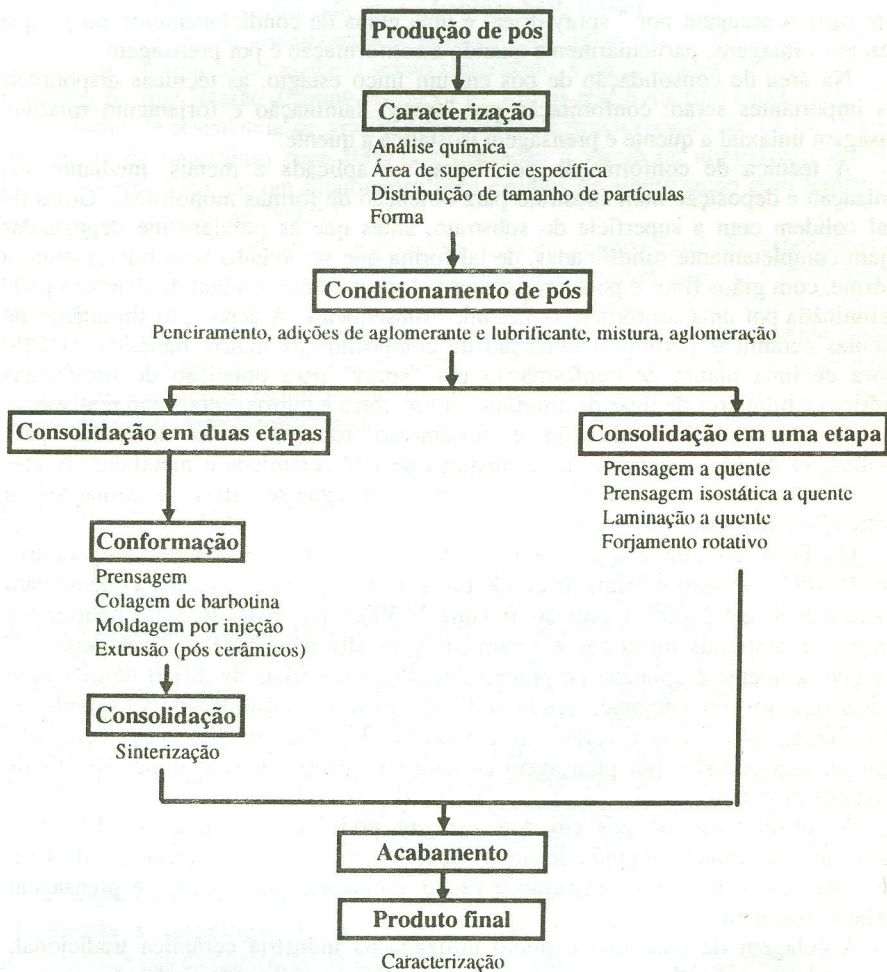


Figura 1- Fluxograma de obtenção de produtos via tecnologia do pó.

Para determinação das fases presentes e análise morfológica dos pós, dispõe-se de difratômetro de raios-X, microscópios óticos e eletrônicos de varredura e transmissão.

Na etapa de condicionamento de pós são utilizados moinhos e misturadores. Dispõe-se de moinhos de laboratório dos tipos giratório de bolas, vibratório e atritor. Moinhos de bolas e atritor de maiores capacidades serão adquiridos pelo CPP. Os misturadores existentes para pequenas quantidades de pós são do tipo V e com movimentação tridimensional. Um misturador tipo faca esta sendo adquirido para condicionamento de pós para conformação por extrusão ou injeção.

O CPP contara com um "spray drier" para condicionamento de pós cerâmicos. Neste caso, a secagem por "spray drier" é uma etapa de condicionamento do pó que apresenta vantagens, particularmente quando a conformação é por prensagem.

Na área de consolidação de pós em um único estágio, as técnicas disponíveis mais importantes serao: conformação por "spray", laminação e forjamento rotativo, prensagem uniaxial a quente e prensagem isostática a quente.

A técnica de conformação por "spray" é aplicada a metais, mediante sua atomização e deposição num substrato para obtenção de formas monolíticas. Gotas do metal colidem com a superfície do substrato, antes que as previamente depositadas estejam completamente solidificadas, de tal forma que se obtenha uma microestrutura uniforme, com grãos finos e pouca segregação. A porosidade residual do depósito pode ser eliminada por uma conformação mecânica subsequente. A deposição simultânea de partículas cerâmicas permite a obtenção de compósitos de matriz metálica. O CPP dispore de uma planta de conformação por "spray" para obtenção de pré-formas cilíndricas e tubulares de ligas de alumínio, cobre, ferro e outros metais nao reativos.

As técnicas de laminação e forjamento rotativo serão utilizadas para consolidação de pós metálicos ou de misturas de pós cerâmicos e metálicos. Nestas técnicas, normalmente realizadas a quente, consegue-se altas deformações e densificações de metais e cermets.

O CPP disporá de uma prensa uniaxial a quente para operação em temperaturas de até 2500°C e pressão máxima de 20000 psi, e de uma prensa isostática a quente para temperaturas de até 2200°C e pressão máxima de 30000 psi. Estas técnicas permitem a obtenção de materiais metálicos e cerâmicos com alta densidade e desempenho. A prensagem a quente é aplicada no processamento de materiais de difícil densificação por sinterização convencional, sendo indicada para a consolidação de superligas, metais duros, compósitos e cerâmicas covalentes. Produtos de geometria complexa podem ser consolidados por prensagem isostática a quente nas suas dimensões finais ou bastante próximas.

A consolidação de pós em dois estágios pode ser resumida em diferentes técnicas de conformação seguida de sinterização. As técnicas de conformação do CPP serao: colagem de barbotina, extrusão à vácuo, moldagem por injeção e prensagem uniaxial e isostática.

A colagem de barbotina é muito utilizada na indústria cerâmica tradicional, sendo também aplicada em novos materiais. É especialmente indicada para a conformação de peças com paredes finas e geometrias complexas, como tubos, cadinhos, navículas, guia fios, etc. O controle das características da suspensão é fundamental neste processamento e para tal um viscosímetro será adquirido.

A extrusão e a injeção utilizam-se da adição de aditivos orgânicos aos pós metálicos e cerâmicos. O CPP disporá de uma extrusora à vácuo para a conformação de peças e perfis de até 70 mm de diâmetro e uma injetora de baixa pressão para peças pequenos. Etapas críticas nestes processamentos são a secagem e retirada dos aditivos antes da sinterização.

As técnicas mais usuais de conformação utilizadas em metais e cerâmicas são as prensagem uniaxial e isostática à frio. O CPP disporá de prensas uniaxiais de diferentes capacidades uma prensa isostática à frio com capacidade de 100000 psi e câmara de compactação de 70 x 400 mm.

A sinterização é realizada após a conformação quando a consolidação se realiza em dois estágios. A sinterização é normalmente feita em fornos com diferentes atmosferas em função do material sendo sinterizado. Cita-se a seguir alguns fornos de sinterização, que estarão disponíveis no CPP: fornos resistivos tipo caixa para 1700°C ao ar, forno de resistência de grafita para 2500°C e pressurização de 15 psi, forno de resistência de tungstênio para 2000°C e operação à vácuo ou atmosfera controlada. Dispor-se-á também de um dilatômetro para estudos de sinterização com temperatura máxima de operação de 2400°C.

As etapas de acabamento e caracterização do produto final são específicas para cada material ou produto e não serão discutidas em detalhes aqui. O CPP disporá de algumas técnicas de acabamento, tanto para materiais metálicos como para cerâmicos, bem como de técnicas de controle dimensional e da densidade aparente dos corpos consolidados. Ter-se-á ainda a possibilidade de avaliar propriedades específicas, tais como, térmicas, mecânicas, elétricas, magnéticas, bem como analisar microestruturalmente o consolidado.

PESQUISAS EM TECNOLOGIA DO PÓ EM DESENVOLVIMENTO NO IPEN

Neste item são descritos os desenvolvimentos atualmente em andamento no IPEN, referentes à tecnologia do pó de materiais metálicos e cerâmicos. Tais atividades refletem a capacitação do corpo técnico do IPEN na área.

Na área de materiais metálicos, a técnica de metalurgia do pó tem sido empregada em pesquisas que visam obter materiais e/ou produtos com melhores desempenho ou desenvolver produtos onde a metalurgia do pó é a única possibilidade de fabricação. As pesquisas estão dirigidas para: obtenção de pós metálicos por atomização (1), processamento de pós para confecção de filtros metálicos (2) e absorvedores de gases (3), materiais para corte resistentes ao desgaste à base de aços rápidos (4) e materiais compósitos de matriz metálica Al/SiCp (5) e aço rápido/NbC (6).

A obtenção de pós metálicos via processos de solidificação rápida também está relacionada à tecnologia do pó. Este desenvolvimento visa a aquisição de um atomizador à gás e construção de um atomizador centrífugo (Projeto Finep).

O programa de imãs permanentes à base de terras raras teve início no IPEN em meados de 1985 e visava a produção de ligas de SmCo, a partir do óxido de samário via redução calciotérmica. Nos anos subsequentes, esta produção se estendeu às ligas de NdFeB, utilizando-se o mesmo processo, e os resultados obtidos com estas duas ligas constam de duas dissertações de mestrado (7,8). Em seguida, início de 1993,

foram obtidos imas de terras raras com a substituição do Nd por Pr e a adição de Cu (9). Além da modificação da liga magnética, o processamento também foi alterado, com a utilização do método de decrepitação por hidrogênio, antes da rota da metalurgia do pó.

Em 1994, iniciou-se o estudo da obtenção de imas permanentes a partir das ligas de SmCo e também de polímeros-terras raras.

Uma outra linha de pesquisa envolve o desenvolvimento de materiais intermetálicos ordenados, candidatos em potencial para aplicações estruturais em altas temperaturas. No que se refere à tecnologia do pó, aluminetos de nióbio e níquel têm sido obtidos via sinterização por reação (10). A técnica de sinterização por reação baseia-se na síntese por combustão dos compostos em questão (NbAl_3 e NiAl) e na sinterização por fase líquida propriamente dita. A grande vantagem deste tipo de processamento está na economia de energia e no uso de ferramental simples.

Na área de cerâmica todas as atividades do IPEN podem ser subdivididas em quatro grupos principais:- insumos especiais, cerâmicas estruturais, cerâmicas eletro-eletrônicas e compósitos com matriz cerâmica.

O programa de obtenção de insumos especiais tem dado ênfase ao desenvolvimento de processos de síntese de compostos de zircônio, terras raras e materiais covalentes. Em relação a insumos à base de zircônio, foram iniciados os estudos do processo de síntese de pós de zircônia-céria por co-precipitação e produzidos na usina Piloto de Zircônio, pós de zircônia-itria (3 mol%), os quais foram empregados na preparação de meios de moagem (11). No que se refere aos insumos de terras raras, foram concluídos os estudos de purificação de lantânio por precipitação fracionada e dado prosseguimento aos experimentos de separação de neodímio/praseodímio e de ítrio/terras raras pesadas, utilizando-se a técnica de extração com solventes. Também estão sendo conduzidos estudos visando a obtenção de óxidos, carbonatos e oxalatos de terras raras com características físicas adequadas ao processamento cerâmico, empregando-se como agentes precipitantes o ácido oxálico, hidróxido de amônio, carbonato de amônio e os produtos de decomposição da uréia (12). Os trabalhos conduzido na área de obtenção de pós cerâmicos covalentes estão relacionados ao processo de obtenção de tetracloreto de silício por cloração do silício metálico. Nesta linha de pesquisa foi otimizada a etapa de condicionamento das matérias primas e realizados experimentos de cloração visando a verificação da influência da vazão de gás e da altura do leito na cinética de reação (13).

No grupo cerâmicas eletro-eletrônicas são desenvolvidos trabalhos de pesquisa em eletrólitos sólidos à base de ZrO_2 , ThO_2 e PbF_2 (14 a 19) e em supercondutores à base de Y-Ba-Cu-O e Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O (20). Os principais objetivos são o domínio da tecnologia de preparação de eletrólitos sólidos para uso em dispositivos sensores de espécies químicas, tais como oxigênio e flúor, e de supercondutores cerâmicos de alta temperatura crítica, densos e monofásicos. Estão operacionais equipamentos para estudos de espectroscopia de impedância na faixa de frequências 5 Hz-13 MHz, sistemas para medidas de condutividade elétrica dc e células porta-amostras para medições na faixa de temperatura entre 100 K e 1500 K.

No grupo de cerâmicas estruturais o IPEN realiza estudos dos principais materiais cerâmicos para este fim, que são as cerâmicas covalentes e as cerâmicas à base de alumina e à base de zircônia (21,22). O principal objetivo é dominar todas as etapas de processamento dessas cerâmicas, com ênfase nos processos especiais de

densificação, como por exemplo: prensagem isostática a quente, prensagem a quente, além das necessárias caracterizações microestruturais e mecânica dos materiais. No final da década de 80, teve início nos laboratórios da Supervisão de Materiais Cerâmicos do IPEN pesquisas dirigidas ao desenvolvimento de materiais compósitos com matriz cerâmica, visando principalmente a obtenção de cadinhos refratários para uso na fusão por indução de ligas metálicas reativas (23), e o aproveitamento da palha de arroz para obtenção de carbetos de silício na forma de whiskers (24), sílica amorfa (25), e nitreto de silício (26). Reforços cerâmicos do tipo fibras de alumina foram também adicionados a matrizes cerâmicas objetivando o aumento da tenacidade desses materiais (27). Inclusões metálicas foram adicionadas a matrizes cerâmica com o objetivo de se obter um material refratário susceptível ao campo eletromagnético gerado em um forno de indução, permitindo o auto-aquecimento deste material a partir da temperatura ambiente, e eliminando as desvantagens do uso de cadinhos de grafite.

Juntas cerâmica - metal e cerâmica-cerâmica foram desenvolvidas a partir do processo de brasagem, utilizando hidreto de titânio e ligas de adição do tipo Cu-Ag em corpos cerâmicos de alumina e ligas Kovar (28).

Vidros borossilicatos e fosfatos de chumbo e ferro estão em desenvolvimento visando sua utilização na imobilização de rejeitos radioativos de alta atividade.

ORGANIZAÇÃO E GERENCIAMENTO DO CPP

A estrutura organizacional do CPP é apresentada na Fig. 2. Inserido na Coordenadoria de Engenharia e Ciência dos Materiais (MM) do IPEN, o CPP deve ter um gerenciamento centralizado e será composto por servidores que garantam seu funcionamento, a serem designados pela superintendência do Instituto. A superintendência gerenciará um conselho de usuários, que terá por finalidade estabelecer as normas operacionais do CPP, fiscalizar sua atuação, opinar sobre assuntos de alta relevância quando solicitado, auditar o preço dos serviços externos prestados à comunidade e indicar prioridades na prestação de serviços do CPP. Integrarão o conselho de usuários representantes com atividades reconhecidas nas áreas de atuação do CPP, da seguinte forma: 02 (Dois) do IPEN, 01 (hum) de entidade de ensino superior, 01 (hum) de instituto de pesquisa, 02 (dois) de empresas sendo os membros do IPEN indicados por seu superintendente e os membros externos indicados por seus pares, dentro de uma consulta a entidades representativas, em cada caso.

O funcionamento do CPP deverá ser continuamente monitorado e fiscalizado pelo conselho de usuários e deve estar voltado para o objetivo geral de prestação de serviços em desenvolvimento e processamento de materiais, visando atender a demanda nacional.

Estrutura Organizacional

Centro de Processamento de Pós

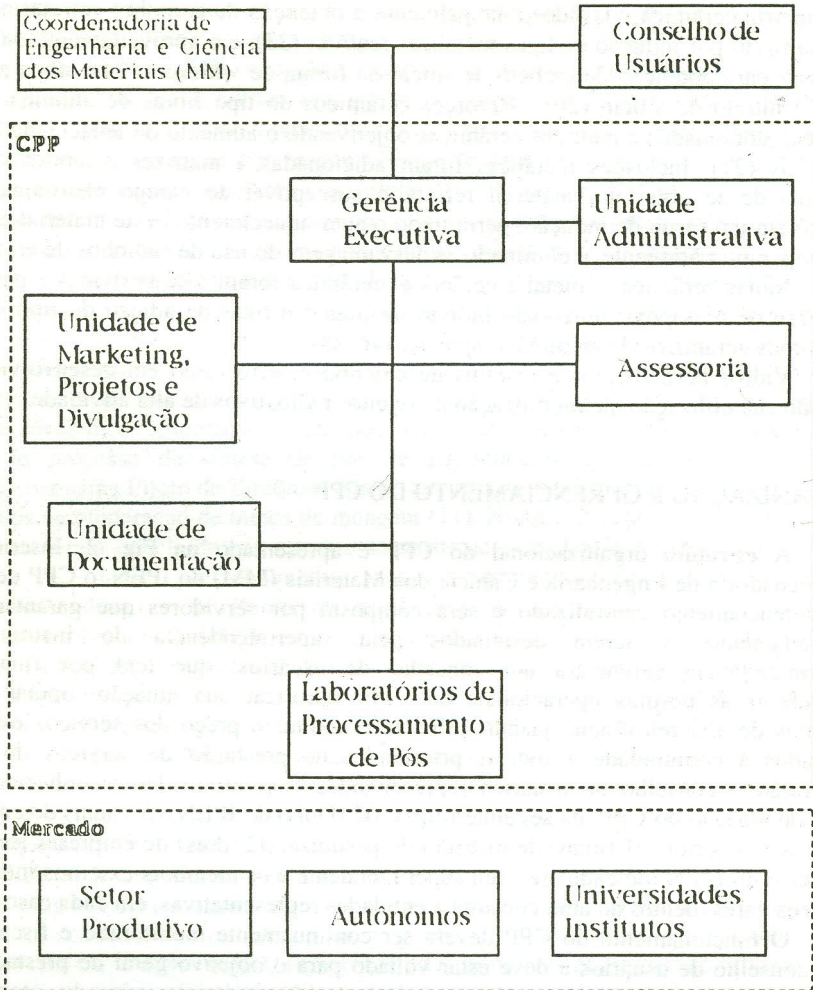


FIGURA 2 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO CENTRO DE PROCESSAMENTO DE PÓS

REFERÊNCIAS

- 1-Ambrozio Filho, F.; Neves, M. D. M.; Pola,E.J.G.; Souza,O.C.; Salgado, L. "Characterization of Ni-Cu Alloy Powders Produced by Atomization Process",Materials Science and Engineering,A 133 ,1991,pp-692-697.
- 2-Ambrozio Filho; F., Lima, L. F. C. P.; Mourisco, A. J.; Barbosa,L.P., Pola,E.J.G., Neves, M.D.M., "Preparation and Characterization of Stainless Steel Filters "Advances in Powder Met.& Part. Materials,v. 5,P/M steels,MPIF,1992,pp 439-444.
- 3-Lima,L.F.C.P., Gorski,M.S., Ambrozio Filho,F., Souza,O.C. R., Castro,A.R.M., "Preparation and characterization of zirconium porous getters" anais do PM 94-Paris, junho 94,Les editions de physique, v. 1, p. 597-600, 1994.
- 4- Ribeiro,O.C.S., Araújo, E.G., Ambrozio Filho, F. "Aços rápidos sinterizados" anais do III Seminário Brasileiro de Materiais Resistentes ao Desgaste, p. 11-19, 1994.
- 5-Mourisco,A.J.,Rossi,J.L., Ambrozio Filho,F.," Al-SiCp composites prepared by powder metallurgy" anais do PM 94-Paris, junho 94, Les editions de physique, v. 3, p. 1959-1963, 1994.
- 6-Araujo,E.G.,Siciliano Jr.,F.,Ambrozio Filho,F.,Almeida Filho ,D.A., Souza,V.A., Neves,M.D.M.,"Sintering of High Speed steels Containing Niobium" Advances in Powder Met. & Particulate Materials,v. 3,Sintering,MPIF,1992,pp 397-410.
- 7- Guilherme, E. G., "Estudo do processo de obtenção da liga magnética Nd₁₅ Fe₇₇B₈ por Redução-Difusão (R/D) Calciotérmica". Dissertação de Mestrado-IPEN,1992.
- 8- Takiishi, H., "Estudo do processo de preparação e caracterização de ligas magnéticas de samário-cobalto obtidas por redução-difusão calciotérmica".Dissertação de Mestrado-IPEN,1993.
- 9-Lima, L.F.C.P., Takiishi,H., Faria Jr, R.N., Yim,X.J., Abell,J.S., Harris, I.R.,"The effect of annealing on the magnetic properties and microstructures of Pr-Fe-B-Cu HD sintered magnets"IV Seminário sobre materiais magnéticos e elétricos, ABM,Rio de Janeiro,27 a 29 de Abril,1994.
- 10-Leal Neto, R. M.; Ferreira, P. I., "Reaction Sintering of Nb-Ni-Al intermetallic Alloys", Mat. Science Eng., A 192/193, 1995, p. 549-555.
- 11-Ussui,V., Leitão,F., Paschoal,J.O.A."Meios de moagem de ZrO₂:Y₂O₃" 38 Congresso Brasileiro de Cerâmica,Blumenau,18-21 de junho,1994,V. III,pp 1151-1156.
- 12-Cunha,S.M., Ticianelli,R.B., Lazar,D.R.R., Nobre,J.S.M., Paschoal,J.O.A. "Obtenção de óxidos de lantânio, neodímio e samário por decomposição térmica de oxalatos". 38 Congresso Brasileiro de Cerâmica, Blumenau, 18-21 de junho, 1994, V.I, pp 360-365.

13- Seo, E.S.M., Souza, O.C., Silva, L.C.E., Andreoli, M., Paschoal, J.O.A. "Obtenção de tetracloreto de zircônio pela técnica de cloração em leito fluidizado." 11 Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Águas de São Pedro, 11-14 de dezembro, 1994, pp 411-413.

14- Cosentino, I.C., Muccillo, R., "The effect of bismuth oxide addition on the electrical properties of zirconia-magnesia solid electrolytes". *J. Mat. Sci. Letters*, 12, 1993, p. 1022.

15- Dessemond, L., Muccillo, R., Herrault, M., Kleitz, M., "Electric conduction-blocking effects of voids and second phases in stabilized zirconia" *Appl. Phys.*, A 57, 1993, p. 57

16- Muccillo, E.N.S., Kleitz, M., "Ionic conductivity of fully stabilized $ZrO_2:MgO$ and blocking effects" *J. Eur. Ceram. Soc.*, 15, 1995, p 51

17- Portella, K.F., Garcia, C.M., Souza, G.P., Porto, M.S., Muccillo, R., "Projeto sensores: Estudos e potencialidades dos sensores de gases-emprego no setor elétrico" IV seminário de materiais no setor elétrico, Curitiba, PR, 1994

18- Muccillo, E.N.S., Ávila, D.M., "11 Congresso Bras. Eng. e Ciência Mat. (CBECIMAT), "Espectroscopia de impedância em cerâmicas de zircônia céria" Águas de São Pedro, 1994.

19- Muccillo, E.N.S., Dantas, E.S.K., Pires, M.A.F., "Utilização das técnicas da análise termogravimétrica e térmica diferencial no estudo de cerâmicas supercondutoras" 38 Congresso Bras. de Cerâmica, Blumenau, S.C., 1994.

20- Fonseca, F.C., Muccillo, R., "Preparação e caracterização de compósitos supercondutores da alta temperatura crítica do sistema $Ag-YBa_2Cu_3O_{7-x}$ " 39 Cong. bras. Cer., Águas de Lindóia, S. Paulo, 1995.

21- Dualibi Filho, J., Rezende, D.T., Bressiani, J.C. "Efeito da adição de ferro na densificação, microestrutura e propriedades mecânicas do nitreto de silício sinterizado a baixas temperaturas" 38 Cong. bras. de Cerâmica, Blumenau, S.C., 1994.

22- Genova, L.A., Bressiani, A.H.A., Bressiani, J.C. "Avaliação dos mecanismos envolvidos na sinterização de alumina com aditivos" 38 Cong. Bras. de Cerâmica, Blumenau, S.C., 1994

23 J.R. Martinelli and S.T. dos Reis, "Electrical Characterization of Zirconia-Niobium and Zirconia-Titanium Composites", *Ceramic Transactions* **38**: Advances in Ceramic - Matrix Composites, 521 (1993).

24 J.R. Martinelli e Ana H.A. Bressiani, "Influência do Processamento da Palha de Arroz na Síntese de Whiskers de Carvão de Silício", *Cerâmica* **35** (238) 162 (1989).

25- J.R.Martinelli e Ana H.A.Bressiani, "*Síntese de Materiais Cerâmicos a partir da Pirólise da Palha de Arroz*", Anais do 9º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Águas de São Pedro, SP, 9 a 12 de Dezembro de 1990, p.514-516.

26- J.R.Martinelli, Ana H.A.Bressiani e M.C.Bonetti, "*Conversão da Palha de Arroz em Nitreto de Silício*", Anais do 10º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 6 a 9 de Dezembro de 1992, Águas de Lindóia, SP, p.126-128.

27- J.R.Martinelli e Ana H.A.Bressiani, "*Preparação de Pós Compósitos via Freeze Drying*", Anais do 36º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 7 a 10 de Julho de 1992, Caxambú-MG, p.824-828.

28-A.C.Bastos Jr., J.R.Martinelli, P.R.Pascholati, J.Takahashi e A.Wulfhorst, "*Propriedades Mecânicas e Caracterização Microestrutural de Juntas Cerâmica-Metal Obtidas pelo Processo TiH_2* ", a ser publicado nos Anais do 39º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 10-13 de Junho de 1995, Águas de Lindóia, SP.