



GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO TÉRMICA - GGT

REVESTIMENTO CERÂMICO DE ALTA RESISTÊNCIA À CORROSÃO

**PIERRE TEIXEIRA RODRIGUES (1); MARCELA G. DOMMINGUES (2); LEOPOLDO ROCCO JUNIOR (3);
BRUNO ROCCO (3); JOSÉ ROCCO (3)
JORDÃO ENERGIA (1); SUPER NOVA SOLUÇÕES INOVADORAS (2); FLOWTEST (3)**

RESUMO

O produto é um revestimento protetivo, de alto desempenho, que pode ser aplicado em superfícies metálicas e interior de tubulações de circuitos de resfriamento de máquinas em UHEs, por exemplo. Estudos de mercado apontaram que o produto pode extrapolar aplicações no setor elétrico, podendo ser utilizado na indústria e no setor de óleo e gás. Já foi definido um plano de negócios, plano de marketing, nome do produto e logomarca para sua inserção no mercado. A identificação da possibilidade de aplicação em outros segmentos traz para este produto um enorme potencial de aplicação e sucesso, uma vez consolidado no consolidado no mercado.

PALAVRAS-CHAVE

Revestimento Cerâmico, Corrosão, Alto Desempenho, Proteção

1.0 INTRODUÇÃO

As estatísticas nacionais para o segmento de tintas são elaboradas pela ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas, que representa a cadeia produtiva de tintas, reunindo os fabricantes e seus fornecedores. Os números do setor são obtidos por meio de informações fornecidas por seus associados e sofrem tratamento estatístico. Estes números são adotados pelo SITIVESP – Sindicato da Indústria de Tintas e Vernizes do Estado de São Paulo, que agregam aos números coletados pela ABRAFATI aqueles referentes à parcela de tintas utilizadas para impressão. Nas estatísticas da ABRAFATI, não há um conjunto definido para o segmento de “revestimento anticorrosivo”, sendo este englobado pela categoria “Tintas para indústria em geral”, que é composta por tintas para eletrodomésticos, móveis, autopeças, naval, aeronáutica, tintas de manutenção, dentre outros. Do total de 1,548 bilhão de litros do mercado de tintas fabricados no Brasil em 2018, o segmento “Indústria Geral” foi responsável por 166 milhões de litros. Também, em 2018, foram exportados R\$ 146 milhões e importados US\$ 140 milhões.

Dentro do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL, foi desenvolvida uma pesquisa aplicada que resultou em um produto denominado argamassa cerâmica de base epóxi novolaca, modificada pela adição de carga cerâmica. No início deste desenvolvimento, o objetivo principal era a criação de um revestimento protetivo para o interior de tubulações de água de circuitos de resfriamento de máquinas em Usinas Hidrelétricas. Em muitas instalações a água que circula nestas tubulações apresenta micro organismos que são depositados na superfície interna da tubulação, formando camadas que, muitas vezes, impedem a circulação de água. As resinas epóxi são formadas a partir de um oligômero contendo, pelo menos, dois grupos epóxidos e um extensor de cadeia, normalmente composto de amina ou diácido. Podem ser amplamente utilizadas em revestimentos de proteção, adesivos, materiais de embalagem eletrônica, compósitos de alto desempenho, tintas etc. São polímeros termofixos com alta rigidez, estabilidade dimensional, resistência mecânica, química e ambiental, processabilidade versátil e relação favorável custo-benefício. Em aplicações práticas, é necessário que ocorra um processo de cura para transformar resinas epóxi de monômeros ou oligômeros em macromolécula altamente reticulada na presença de um extensor de cadeia, através de um mecanismo de abertura do anel epóxi. Dessa forma, é possível carregar, aditivar ou homogeneizar de maneira adequada os sistemas, anteriormente de transformá-los em um sólido. Testes realizados em laboratório, e posterior aplicação do produto em amostras de tubulações de sistemas de trocadores de calor de uma Usina Hidroelétrica, apontaram para um excelente desempenho do protótipo desenvolvido em relação à proteção interna de seções de dutos metálicos contra um intenso processo de deposição e/ou corrosão microbiológica. Estudos de mercado e de viabilidade econômica realizados na continuidade da pesquisa, indicaram que o produto pode extrapolar o setor de geração e distribuição de energia elétrica. Atualmente todas as ações estão voltadas para a criação do plano de negócios, plano de marketing e estruturação das diretrizes para inserção deste produto no mercado. A identificação da possibilidade de aplicação em outros segmentos, fato este identificado na pesquisa de mercado, traz para esta solução um enorme potencial de sucesso. Importante ressaltar que o produto

teve um pedido de patente depositado no INPI, gerando capacitações tecnológicas importantes no meio industrial e acadêmico que viabilizaram uma integração importante em termos tecnológicos.

2.0 CARACTERÍSTICAS DO REVESTIMENTO CERÂMICO

A originalidade do produto baseou-se no desenvolvimento de um revestimento de base epóxi novolaca para aplicações em ambientes quimicamente agressivos, de escoamentos erosivos e de alta temperatura de trabalho, e que, sob tais condições operacionais, fosse capaz de manter suas características físico-químicas originais sem se degradar ou perder suas propriedades de resistência mecânicas. Outro ponto que atestou sua originalidade foi o fato de o revestimento formar uma película vítrea em função da carga cerâmica adicionada à sua formulação, resultando, assim, num processo de integração entre o material protetivo (argamassa) e o substrato onde é aplicado. Atestou-se que este revestimento é recomendando para situações em que nenhum outro pode ser empregado com o mesmo desempenho, sendo este o caso dos tanques de navios, dos dutos e das tubulações utilizadas na extração de petróleo bruto, já que estas estão sujeitas a intensos processos corrosivos. A aplicação do revestimento também é recomendada em equipamentos que operam em ambientes onde as temperaturas desenvolvidas podem chegar a valores da ordem de 250° Celsius. Na fase final da pesquisa, todas as características que denotam a inovação do revestimento puderam ser atestadas, dando aos envolvidos a certeza de se ter em mãos um produto com grande potencial de mercado.

2.1 APLICAÇÃO MECANIZADA DO REVESTIMENTO CERÂMICO

O termo *airless* (do inglês, que significa sem ar) é um sistema de aplicação de produtos fluidos ou semifluidos que dispensa o uso de ar comprimido para a pulverização do produto a ser aplicado. Este tipo de equipamento utiliza um pistão hidráulico para transferir produto a altas pressões, que podem variar no processo de aplicação mecanizada do revestimento cerâmico, dentre outros.

Foram realizados ensaios que confirmaram a possibilidade de utilização desta técnica. O responsável pela condução dos testes constatou que a aplicação do produto é funcional ao se empregar o equipamento *airless* após pequenos ajustes na formulação; a argamassa flui com facilidade na bomba de pintura, cura (seca) normalmente (demora cerca de 1 hora a mais que uma tinta epóxi convencional) e apresenta alta ancoragem e de excelente qualidade, mesmo sem emprego de primer.

3.0 TESTES DE DESEMPENHO DO REVESTIMENTO CERÂMICO

Na fase final da cadeia de inovação do Programa de P&D regulado pela ANEEL foi dada atenção especial para os testes de desempenho do revestimento em ensaios de desempenho normalizados, tais como: névoa salina, resistência química e resistência à abrasão. Devido às suas características técnicas, sua aplicação deve atender nichos de mercado onde a qualidade do produto é essencial. Esta avaliação da conformidade significa afirmar que foi implementado um processo sistematizado, com regras pré-estabelecidas, normalização e devido acompanhado, o que proporcionou um grau adequado de confiança, com o menor custo possível.

3.1 ENSAIO DE NÉVOA SALINA (SALT SPRAY)

O ensaio de névoa salina ou *salt spray* é uma simulação dos efeitos de uma atmosfera marítima em diferentes metais, com ou sem camadas protetoras. Trata-se de um teste amplamente aceito enquanto ferramenta avaliativa da uniformidade na espessura e porosidade de revestimentos metálicos ou não metálicos, sendo um dos ensaios mais aplicados para determinar a resistência a corrosão.

Este teste pode ser empregado, por exemplo, para fazer uma triagem em materiais revestidos, revelando pontos onde a camada é particularmente menos espessa ou, ainda, para comparar diferentes lotes de um mesmo produto.

No ensaio de névoa salina é produzida névoa com ar comprimido e uma solução de cloreto de sódio em água. A névoa pulverizada cai sob ação da gravidade sobre os corpos de prova (CDPs). A suspensão em si não é corrosiva, uma vez que seu pH é próximo de 7. Porém, essa solução é um forte eletrólito¹, capaz de provocar corrosão dos substratos metálicos. A Figura 1 ilustra uma câmara de névoa salina durante a realização de ensaios.



¹ Eletrólito forte é uma substância que está completamente ionizada em solvente. Suas soluções conduzem eletricidade melhor que o soluto puro. São oferecidos, normalmente, por substâncias ionizáveis.

Não existe no Brasil estudos conclusivos ou pesquisas que envolvam os prejuízos causados pela corrosão. Entretanto, é importante destacar recentes resultados extraídos do estudo intitulado “Corrosion Cost and Preventive Strategies in the United State” que se deu no período compreendido entre 1999 e 2001 por CC Technologies Highway Administration, que apontam a cifra de 276 bilhões de dólares, equivalente a 3,1% do PIB dos EUA e em 552 bilhões de dólares de custo indireto.

Em se tratando, especificamente deste projeto, os resultados obtidos pelo ensaio de névoa salina são utilizados sobretudo em especificações preestabelecida por clientes e literatura técnica servindo para avaliar, por exemplo, os benefícios de novos sistemas de pintura. Visando a reprodução do intemperismo de forma não natural, o emprego de máquinas de névoa salina se mostra como um excelente dispositivo para reproduzir e estudar estes resultados em laboratório. Há grandes possibilidades de fatores atmosféricos que contribuem para a formação de um ambiente corrosivo e os mesmos não podem ser produzidos.

Não há nenhum ensaio de aceleração de corrosão universal que possa substituir o ensaio por névoa salina. Se a indústria do aço, a indústria da tinta e os fornecedores de tratamentos realmente desejarem substituí-lo, eles precisarão de uma alternativa fácil de utilizar. Hoje, tal alternativa não existe. Muitos ensaios cíclicos foram desenvolvidos especificamente para as indústrias de painéis automotivos e de construção pré-pintados, mas eles não foram amplamente aceitos como substitutos do ensaio de *salt spray*. Pode ser muito simplista esperar que qualquer ensaio de aceleração de corrosão se correlacionará com todos os tipos de aplicações. Assim sendo, os resultados de Salt Spray obtidos pelo Revestimento Cerâmico na proteção de placas de aço indicam um excelente desempenho do sistema como proteção anticorrosiva.

3.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A ABRASÃO

A abrasão é um dos mecanismos de desgaste mais frequentes e responsáveis por perdas consideráveis na indústria em geral. Para uma correta seleção de materiais que ficarão expostos a processos abrasivos, devem-se levar em consideração características de projeto, condições operacionais, tipo de abrasivos e as propriedades dos materiais. A avaliação do desempenho de materiais com relação à resistência à abrasão pode ser conduzida em laboratório através de ensaios que reproduzem a ação de uma única partícula.

Os ensaios de abrasão dividem-se em abrasão circular e abrasão linear. No caso da abrasão circular, os ensaios utilizam rodas abrasivas normalizadas (CS-10, CS-17, H-18, etc.). Os ensaios se desenvolvem a partir das normas ABNT NBR 15496:2007 (nacional) e ASTM D4060 (internacional) e consistem em submeter a amostra a uma quantidade de ciclos, a fim de que o comportamento da amostra e/ou de sua camada protetiva (pintura, revestimento) seja avaliada em relação ao processo de abrasão provocado pelo contato rotativo os materiais abrasivos. A avaliação pode ser visual ou quantitativa, através da diferença de peso (em mg) entre a amostra virgem e a testada. Os ensaios podem ser realizados com pesos adicionais sobre as rodas para severizar a abrasão. Para o caso do revestimento cerâmico, o ensaio foi realizado através do emprego de uma máquina Taber, empregando rebolo abrasivo CS 17.

3.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA QUÍMICA

O ataque químico de materiais pode provocar efeitos diversos, tais como: dissolução do material, enfraquecimento da peça até o ponto da ruptura, fissura visual ou como no caso de reativos não agressivos, sem efeitos físicos ou visuais. As variáveis que afetam a resistência química incluem tensões internas e externas, tempo de exposição a materiais ou situações agressivas, temperatura de exposição, pureza e natureza do reativo, desenho da peça e tipo de material.

O ataque químico pode ser medido pelo aumento do peso ou mudanças dimensionais na peça. Outros testes tentam quantificar as mudanças nas propriedades mecânicas determinando a retenção de propriedades, tais como tração, flexão e resistência ao impacto. Frequentemente, as propriedades de resistência são afetadas, mesmo quando os resultados não são visualmente evidentes. Diante disto, ensaios de resistência química são de suma importância, inclusive para uma previsão (aproximada) do tempo de vida útil do material.

Este ensaio avaliou a capacidade da superfície do material de se manter inalterada quando em contato com determinadas substâncias e produtos químicos. Para isto, são utilizados reagentes ácidos e/ou básicos. As normas que orientam os ensaios de resistência química são a ABNT NBR 13818 (nacional) e a ASTM D4753 (internacional). Para o caso do revestimento, foi empregada a norma ASTM D4753 para a realização do ensaio.

Na Tabela 1 estão os parâmetros empregados nos ensaios de exposição à névoa salina, de resistência química e de resistência à abrasão, realizados pelo laboratório MAST, com os corpos de provas que receberam a aplicação do revestimento cerâmico.

Tabela 1. Parâmetros empregados no ensaio de névoa salina realizados com a argamassa cerâmica

Norma	Nº de Amostras	Ciclo de Corrosão	Composição da Solução Salina	Vol. De Precipitação	pH da Solução	Temperatura da Câmara de Corrosão	Duração do ensaio
ASTM B117	4	Contínuo	5%	1,0 a 2,0 ml	6,5 a 7,2	35 °C	120 horas

3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRES OS ENSAIOS

Os corpos de prova foram enviados ao laboratório MAST, e as principais conclusões foram que o produto apresentou excelentes resultados de resistência a abrasão na forma de revestimento aplicado em superfícies metálicas, conforme dita a norma ASTM D4060. Wypych (2000) relata a importância das propriedades de fricção de determinadas cargas para a definição de propriedades finais do produto, especificamente, a resistência à abrasão. Existem cargas com efeito lubrificante e, por outro lado, existem cargas muito abrasivas. As barites, os carbonatos de cálcio e as argilas são exemplos de cargas com efeito lubrificante. O reforço da matriz polimérica aumenta à medida que a concentração de cargas aumenta. O mecanismo de reforço está relacionado com a presença de sítios ativos na superfície da carga, que está disponível para reagir, ou para interagir, com a matriz polimérica. No entanto, este aumento está limitado pelo efeito que a cargas têm nas propriedades reológicas do compósito. Acima de dada concentração de carga, o efeito de reforço da matriz polimérica perde-se. A escolha do carvão de silício como carga em uma matriz de epóxi conferiu ao revestimento sua excelente resistência à abrasão.

Da mesma forma, a resistência química por MEK, metil etil cetona, cujo desempenho foi regulado pela norma ASTM D 4752, igualmente demonstrou excelente desempenho. As tintas compostas por resina epóxi são as que apresentam as melhores performances em ambientes ácidos. Em tintas anticorrosivas, a utilização da resina epóxi tem sido predominante em relação às demais resinas sintéticas, haja vista, a sua resistência (ao impacto, térmica e química) superior, boa adesão em diferentes substratos e boa estabilidade dimensional. Estas propriedades são fundamentais para as aplicações em tintas anticorrosivas (AGGARWAL, et.al., 2007; MALSHE, et. al., 2004). A resistência química aos ácidos, bases, água e solventes é consequência direta da grande estabilidade da ligação éter. Além disso, a presença de grupos reativos bem espaçados assegura a alta flexibilidade dessa resina, enquanto as inúmeras interligações possíveis explicam a rigidez e resistência à abrasão (WASKIEWICZ, et. al., 2013). As interligações que produzem uma estrutura rígida tridimensional podem ter origem nos grupamentos hidroxilas secundárias, que ocorrem em toda a extensão das macromoléculas, ou nos grupamentos epóxi, que surgem nas extremidades finais de cada macromolécula (FURTADO, 2010).

Finalmente, para o ensaio de salt spray, cuja norma aplicada foi a STM B 117, os resultados foram excepcionais. A corrosão é causada por reações químicas e eletrônicas com o meio ambiente, resultando em processos que promovem a deterioração de materiais metálicos. No segmento industrial, esse fenômeno pode danificar peças, acessórios e maquinários importantes. Por esse motivo, é fundamental realizar ensaios de corrosão salt-spray. Durante os ensaios de corrosão salt-spray, que também podem ser chamados de ensaios de névoa salina, é aplicada uma técnica que tem o objetivo de avaliar a resistência de revestimentos e materiais em relação aos processos corrosivos. Esse teste pode ser realizado em metais, polímeros, cerâmicas, entre outros.

Diversas metodologias e instruções técnicas normativas são aplicadas nos testes realizados nas câmaras climatizadas. Destacam-se, portanto, os ensaios de névoa salina (Salt Spray), 100% umidade, dióxido de enxofre (SO₂) e raios UV entre os principais testes realizados em câmaras de corrosão.

4.0 CONCLUSÕES

As atividades relacionadas ao desenvolvimento do projeto de inserção no mercado do revestimento cerâmico ocorreram dentro do cronograma. A definição do mercado mostrou o potencial para aplicações no setor elétrico e, também, no mercado de óleo e gás. Tendo como um importante resultado o desenvolvimento da aplicação mecanizada do produto, sem alteração de suas características originais, algumas observações relativas às etapas de trabalho são importantes e necessárias:

- A escolha dos fornecedores de matérias primas e de equipamentos é de grande importância no planejamento e inserção no mercado do produto.
- Os equipamentos adquiridos ao longo das fases deste projeto apresentam especificações adequadas no tocante à produção da argamassa cerâmica. A etapa de ensaios de aplicação mecanizada da argamassa cerâmica, realizada na fase anterior, se configurava enquanto ponto de especial atenção, pois a aplicação adequada assegura o desempenho satisfatório do produto, sem que haja nenhum prejuízo em suas características protetivas intrínsecas.

Desse modo, a finalização desta etapa da cadeia de inovação, possibilitou à equipe do projeto chegar à algumas conclusões, sendo elas:

- A aplicação manual do produto é possível desde que o produto tenha suas características reológicas ajustadas;
- Para a aplicação manual, o melhor método é o emprego de espátulas (o emprego de pincel e de rolo de espuma não são adequados);
- Em geral, há satisfação com os produtos existentes, mas não com o resultado da aplicação. Um problema sinalizado está relacionado à mão de obra para aplicação do produto que requer uma especialização prévia;
- Existem setores específicos que são mais abertos a produtos especiais, nas condições de “notória especialização”, dada a criticidade do processo/produto, como o de óleo e gás. Este aspecto pode ser ilustrado pela origem do produto Argamassa Cerâmica, desenvolvido inicialmente para uma demanda específica de uma empresa que apresentava um processo de corrosão microbiológica nas tubulações metálicas de um sistema de troca térmica;
- O setor de óleo e gás é o maior comprador do segmento normatizado;
- Os principais canais de distribuição são: A venda direta: para o cliente final ou para fabricante (de tubos ou máquinas e bombas, por exemplo); o Aplicador: recebe especificação técnica e de desempenho ou memorial estipulando produtos e fornecedores; Revenda: em lojas parceiras ou através de representantes comerciais.

5.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D4541-17 – Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14847: Inspeção de Serviços de Pintura em Superfície Metálicas - Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- (3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15185: Inspeção Visual de Superfície para Pintura Industrial. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- (4) AVILA, A. F.; DUARTE, M. V. A., Mechanical absorbs moisture, it swells. This creates stress in the analysis of recycled PET/HDPE composites. *Polymer Degradation and Stability* v.80, n.2, p.373 - 382, 2003.
- (5) BAÍA, L. L. M; SABBATINI F. H. Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa. 2 ed. São Paulo, O nome da Rosa. 2001. 82 p.
- (6) BARROS, M.M.S.B; MACIEL, L.L.; SABBATINI, F.H. Recomendações para execução de revestimento de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos. São Paulo 1998.
- (7) BARSOU, M. W. Fundamentals of ceramics. New York: McGraw-Hill, 1996.
- (8) CANDIA, M. C. Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998,198p.
- (9) CARASEK, H. Argamassas, Materiais de construção civil e princípios de ciência de materiais, São Paulo, 2007, IBRACON, p.863-90.
- (10) CARDOSO, F. A., PILEGGI, R. G., JOHN, V. M. Caracterização reológica de argamassas pelo método de squeeze-flow. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas e I International Symposium on Mortars Technology. Florianópolis, 2005.
- (11) CLAITON, J.M. Concreto autoadensável utilizando cinza de casca de arroz: Estudo das propriedades mecânicas. (Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira), 95p. 2015. UNESP, Ilha Solteira, SP.
- (12) FIORITO, Antônio J.S.I. Manual de Argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução. São Paulo, Pini, 2004.

- (13) FRANCISCON, M. A. "Tecnologia da Argamassa". Monografia (Engenharia Civil). Universidade São Francisco, 2007.
- (14) GENTIL V., Corrosão. Rio de Janeiro, LTC, 2007
- (15) GLATTHOR, A.; SCHWEIZER, D. Rheological Lab Testing of Building Formulations. ConChem Conference, Düsseldorf, 1994, <http://www.baustoffchemie.de/en/rheology>, acessado em 15/Dez/2018.
- (16) HOTZA, D. Etimologia e uso em diferentes línguas de alguns termos técnicos empregados na fabricação cerâmica tradicional. Cerâmica Industrial, v. 12, n. 4, p. 17-21, 2007.
- (17) INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. ISO 8501-1. Preparation of steel substrates before application of paints and related products -- Visual assessment of surface cleanliness-- Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coating. 2007.
- (18) JÚNOR, M. C., BOSCHI, A. O., MOTTA, J. F. M., TANNO, L. C., SINTONIA, A., COELHO, J. M. E CARIDADE, M. Panorama e Perspectivas da Indústria de Revestimentos Cerâmicos no Brasil. Cerâmica Industrial, 15 (3) Maio/Junho, 2010, p. 7-18.
- (19) LEE, G.Y., et al., "A physically-based abrasive wear model for composite materials", Wear, n. 252, pp. 322-331, 2002.
- (20) NORMA PETROBRAS N-9, Tratamento de Superfícies de Aço com Jato Abrasivo e Hidrojateamento.
- (21) OLIVEIRA, A. P. N. E HOTZA, D. Tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos. 2ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2015.
- (22) REED, J. S. Principles of ceramics processing. 2. ed. New York: Wiley, 1995.
- (23) SHEIR L. L., JARMAN R. A., Corrosion. Corrosion control, vol. 2, 3rd ed. Oxford Boston: Butterworth-Heinemann, 1994.
- (24) SINATORA. A.; Tribologia: um resgate histórico e o estado da arte; Prova de Erudição; São Paulo; 2005.
- (25) THE SOCIETY FOR PROTECTIVE COATINGS. SSPC – SP11: Surface Preparation Standard No. 11 Power-Tool Cleaning to Bare Metal. Lastet Revision: Nov 2013.
- (26) THE SOCIETY FOR PROTECTIVE COATINGS. SSPC-SP 2, Surface Preparation Standard N°2 - Hand Tool Cleaning. Lastet Revision: Jan 2018.
- (27) THE SOCIETY FOR PROTECTIVE COATINGS. SSPC-SP3, Surface Preparation Standard No°3 - Power Tool Cleaning. Lastet Revision: Jan 2018.
- (28) THE SOCIETY FOR PROTECTIVE COATINGS. SSPC-VIS 2 Standard Method of Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces. Lastet Revision: 2000.
- (29) THE SOCIETY FOR PROTECTIVE COATINGS. SSPC-VIS 3 Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Hand and Power Tool Cleaning. Lastet Revision: 2004.
- (30) TYLCZAK, J. H. Abrasive wear. In P.J. Blau et al. (Eds.). ASM Handbook, vol. 18. Friction, Lubrication and Wear Technology. ASM Internacional, USA, (1992) 184-190.
- (31) UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica. Tecnologia de Revestimento de Argamassa: Conceito básico e tecnologia de execução. São Paulo, EPUSP/PCC/CPqDCC, 1995.
- (32) YAMADA, K.; MOHRI, M. Properties and applications of silicon cabide ceramics. In: Somiya, S; Inomata, Y. Silicon carbide I: Fundamental and Solid Reaction. London: Elsevier, 1991. V.1, Cap. 2, p. 13-44.

6.0 DADOS BIOGRÁFICOS



Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense e Mestrando em Administração pelo IBMEC-RJ, na área de Estratégia Empresarial e Desenvolvimento de Negócios. Vinte e cinco anos de experiência desenvolvendo projetos em eficiência energética, autor de publicações no tema eficiência energética, gerenciamento e desenvolvimento de mais de 250 projetos de pesquisa e desenvolvimento no Programa da ANEEL, gerenciamento e execução de projetos sobre fontes renováveis de energia elétrica e coordenação de ações relacionadas a inserção no mercado de produtos desenvolvidos em projetos de pesquisa. Espírito empreendedor, dinamismo, histórico de sucesso no desenvolvimento e gestão de projetos ligados ao setor.

(2) LEOPOLDO ROCCO JUNIOR

Graduado em engenharia mecânica pela Fundação Armando Álvares Penteado (FAAP) (1983), administração de empresas pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1990), mestrado (2006 - injetores de propelentes para foguetes) e doutorado (2013 - propulsão motor foguete híbrido), ambos em engenharia aeronáutica e mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA. Grupos de pesquisa (CNPq): - Ciência e Tecnologia Aeroespacial - Materiais energéticos - Projetos, fabricação e processos de materiais estratégicos da Área de Defesa - Propulsão Química. Gestor da empresa Flowtest Engenharia e Pesquisa Ltda. voltada para pesquisa, inovação e desenvolvimento (P&D). Na Bertel Indústria Metalúrgica Ltda. trabalha nas áreas comercial, qualidade (ISO 9001-2008) e segurança do trabalho.

(3) BRUNO ROCCO

Engenheiro, pesquisador altamente motivado por qualidade, foco e solução. Desenvolvendo soluções para projetos de P&D químicos, mecânicos e elétricos. Conhecimento em uma variedade de simulações como CFD, CAD, química e mecânica e posteriormente aplicado em escala laboratorial ou industrial. Engenheiro de Controle e Automação do Instituto Mauá de Tecnologia. Pesquisador na Flowtest Engenharia e Pesquisa (área de energia e seus processos, envolvendo materiais químicos). Mestre pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica em Ciências e Tecnologias Aeroespaciais com automatização de motores de foguetes híbridos.

(4) MARCELA G. DOMMINGUES

Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Espacial, na área de Química dos Materiais pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Graduação em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Atualmente, participa como pesquisadora de projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) vinculados à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) nas áreas de revestimentos protetivos, materiais ablativos empregados no setor aeroespacial e setor de geração e distribuição de energia elétrica, lubrificantes de alto desempenho e materiais e processos aplicáveis ao setor de construção civil.

(5) JOSÉ ROCCO

Engenheiro químico com doutorado em físico-química atuando na área de ensino e pesquisa. Desenvolve pesquisas devotadas a área de tintas e revestimentos, lubrificantes especiais, defesa e aeroespacial.