



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GIA/17
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - XI

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS - GIA

TRATAMENTO POR PLASMA DE BAUXITA IMPREGNADA COM ÓLEO MINERAL ISOLANTE

J. E. A. Piluski (*)
ELETROSUL
CENTRAIS
ELÉTRICAS S.A.

H. Rosa
ELETROSUL
CENTRAIS
ELÉTRICAS S.A.

L. B. Souza
RED, ORANGE
AND GREEN
TECNOLOGIAS
AMBIENTAIS

O. Freitas
RED, ORANGE
AND GREEN
TECNOLOGIAS
AMBIENTAIS

R.N. Szenté
RED, ORANGE
AND GREEN
TECNOLOGIAS
AMBIENTAIS

RESUMO

Três processos a plasma foram desenvolvidos para o processamento de bauxita impregnada com óleo mineral isolante, são eles: câmara rotativa a plasma, reator com tocha de plasma de arco transferido e não transferido. A câmara rotativa produziu um material inerte, passível de ser reutilizado na regeneração de óleos minerais; o reator com tocha de plasma de arco transferido produziu bauxita e alumina eletrofundida e uma liga de ferro silício. O reator com tocha de plasma de arco não transferido produziu bauxita eletrofundida esferoidizada. Foram realizadas análises físico-químicas dos produtos obtidos, que confirmaram sua inertização, possibilidade de reuso e comercialização.

PALAVRAS-CHAVE

Bauxita, Óleo Isolante, Plasma, Regeneração.

1.0 - INTRODUÇÃO

As condições operacionais de equipamentos elétricos (transformadores, reatores, etc) desencadeiam reações químicas de degradação térmica e oxidação do óleo mineral isolante. As reações químicas se processam via radicais livres, resultando produtos de oxidação do óleo, tais como ácidos, aldeídos, cetonas. O processo de regeneração do óleo visa a retirada destes compostos de oxidação, onde o óleo a regenerar passa por colunas percoladoras (regeneração por percolação) que contem em seu interior material adsorvente, por exemplo, bauxita ativada. Após a regeneração, o óleo apresenta características físico-químicas similares ao óleo novo e pode novamente ser utilizado em equipamentos elétricos mediante sua aditivação com 2,6-di-terc-butil-p-cresol (DBPC). Após a saturação da bauxita, a mesma é retirada do percolador e substituída por bauxita ativada nova. Devido a presença de óleos e fenóis na bauxita utilizada na regeneração, a mesma é classificada como Resíduo Classe 1 - Perigoso, segundo os testes de classificação da NBR 10.004:2004.

A bauxita impregnada com óleo pode ser regenerada também. O problema da regeneração da bauxita é mais econômico do que técnico, pois os custos de regeneração da bauxita impregnada são normalmente mais altos que o descarte da mesma em aterros controlados. Desta forma, a motivação da regeneração da bauxita envolve mais os aspectos ambientais de descarte do que econômicos.

O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver processos limpos para tratamento da bauxita impregnada com óleo e gerar produtos reaproveitáveis na cadeia produtiva, tornando assim o processo economicamente atraente. A tecnologia escolhida para o tratamento da bauxita foi a de plasma térmico.

Para o desenvolvimento dos processos a plasma, foram realizados testes preliminares em escala laboratorial e a partir dos resultados, foram projetados e construídos equipamentos de plasma para o processamento de até 30 kg/h de bauxita impregnada com óleo mineral isolante. Foram desenvolvidos três processos a plasma, câmara

(*) Rua Deputado Antônio Edú Vieira, n° 999 – CEP 88040-901, Florianópolis, SC, – Brasil
Tel: (+55 48) 3231-7267 – Email: joselia@eletrosul.gov.br

rotativa a plasma, reator com tocha de plasma de arco transferido e reator com tocha de plasma de arco não transferido.

Desta forma, a partir de um resíduo classificado como perigoso, bauxita impregnada com óleo mineral isolante, foram obtidos produtos inertes dos três processamentos a plasma, que podem ser utilizados na cadeia produtiva. Os processos não são poluidores e podem ser instalados nas empresas do Sistema Elétrico onde há a geração do resíduo.

2.0 - DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

2.1 Metodologia - Equipamentos

2.1.1 Câmara Rotativa a Plasma

Para a remoção completa e segura do óleo impregnado na bauxita, foi projetado um sistema a plasma, de arco não transferido, operando dentro de uma câmara rotativa, ver Figura 1. A operação da câmara rotativa com tocha de plasma para remoção de óleo da bauxita inicia-se com o aquecimento interno pela tocha de plasma de arco não transferido, a temperatura da câmara mantida entre 500 a 750° C, em atmosfera oxidante e utilizando o ar como gás de plasma. O óleo desta forma reage com o oxigênio do ambiente da câmara, oxidando-se e gerando gases (em princípio, dióxido e monóxido de carbono e vapor de água). Desta forma, para garantir o completo processamento dos gases, os mesmos são forçados a atravessar uma região de altíssimas temperaturas (geradas pelo jato da tocha de plasma de arco não transferido, aproximadamente 10.000 °C) antes de saírem da câmara. Os gases são completamente oxidados e decompostos pelo jato de plasma, gerando somente compostos simples (dióxido de carbono e vapor de água, além de nitrogênio presente no ar), garantindo-se assim não somente a completa remoção de óleo da bauxita, mas também a completa oxidação e decomposição dos compostos orgânicos do óleo e dos gases gerados.

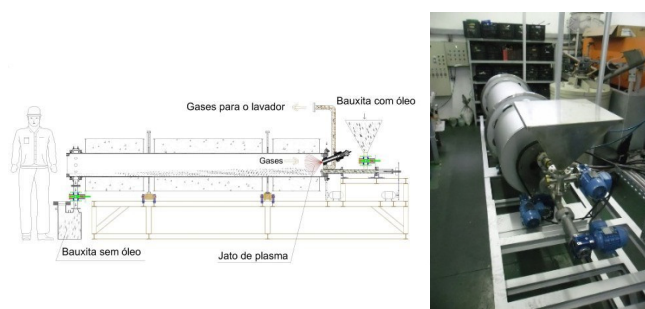


FIGURA 1 - Câmara rotativa a plasma para remoção de óleo da bauxita;

2.1.2 Reator com tocha de plasma de arco transferido

Em tochas de arco transferido, ver Figura 2, o arco elétrico é mantido entre o eletrodo da tocha de plasma (normalmente catodo) e o banho líquido metálico e/ou cerâmico em um reator especialmente projetado para essa aplicação. No início de operação, o arco elétrico é mantido entre a tocha e um anodo na parte inferior do reator, normalmente feito de material cerâmico condutor ou grafite. O material é alimentado gradativamente, até formar o banho líquido metálico e/ou cerâmico.

A bauxita tratada na câmara rotativa a plasma foi alimentada no reator com tocha de plasma de arco transferido sem adição de compostos e com adição de redutor – carvão. O arco elétrico da tocha de plasma é mantido diretamente no material que está sendo processado, aquecendo-o até a temperatura de operação, mantendo o material no estado líquido durante o processo. Após o processamento, o material líquido é retirado do reator através de um orifício de vazamento e esfriado a temperatura ambiente.

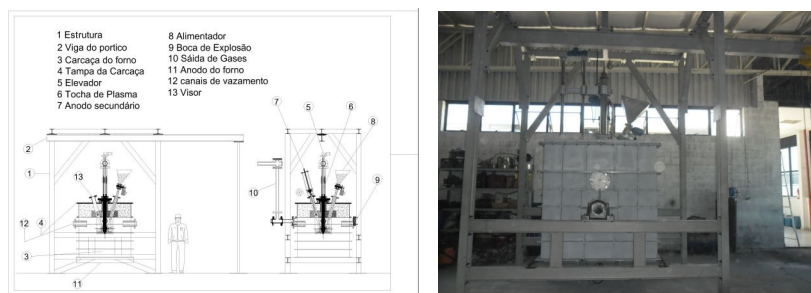


FIGURA 2 - Reator a plasma com tocha de plasma de arco transferido

2.1.3 Reator com tocha de plasma de arco não transferido

Foi construído um sistema de plasma de arco não transferido para o processamento de bauxita em voo, ver Figura 3. O sistema é composto por uma tocha de plasma de arco não transferido e um reator, onde o arco elétrico é mantido entre dois eletrodos, normalmente feitos de cobre, localizados dentro da tocha. A operação da tocha gera um jato de plasma, com temperaturas de cerca de 10.000°C na saída da tocha.

A bauxita tratada na câmara rotativa foi alimentada em um reator contendo uma tocha de plasma de arco não transferido. O material ao passar pelo jato de plasma é aquecido, fundindo-se e gerando material esferoidizado ao passar por regiões mais frias do reator. O material processado é retirado pela parte inferior do reator cilíndrico.

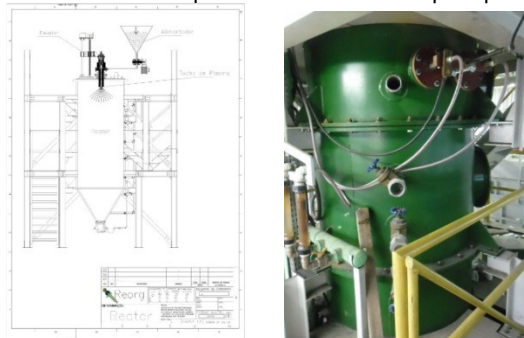


FIGURA 3 - Reator cilíndrico com tocha de plasma de arco não transferido

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Câmara Rotativa a Plasma

Após o tratamento na câmara rotativa de plasma, não foi detectado a presença de óleo na bauxita. Conforme testes laboratoriais, os resultados analíticos das amostras mantiveram-se inferiores ao limite de quantificação, ou seja, menor que 0,05% p/p, confirmando a eficácia do processo para a remoção de hidrocarbonetos contidos na bauxita e possibilitando a reutilização da bauxita como meio adsorvente para óleos minerais isolantes. Abaixo fotografias da bauxita impregnada com óleo antes e após processamento na câmara rotativa, como mostra as Figuras 4 (a) e 4 (b), respectivamente:



FIGURA 4 – (a) Bauxita: antes do processamento na câmara rotativa a plasma e (b) Bauxita após processamento na câmara rotativa a plasma

A bauxita impregnada com óleo e a bauxita após processamento na câmara rotativa de plasma foram analisadas segundo a norma NBR 10.004 para classificação dos materiais como inertes, não inertes ou perigosos. A Tabela 1 resume os resultados obtidos nessas análises.

Tabela 1 - Análises para Classificação de Materiais na NBR 10004

Condição	Bauxita ativada	Impregnada com óleo	Tratada na câmara rotativa
Massa bruta	Os parâmetros analisados apresentaram valores adequados.	Característica de toxicidade apresentou valor não adequado.	Os parâmetros analisados apresentaram valores adequados.
Lixiviado	Concentrações adequadas.	Concentrações adequadas.	Concentrações adequadas.
Solubilizado	Concentrações adequadas.	<i>Fenóis totais e Manganês</i> apresentaram concentrações superiores à indicada.	Concentrações adequadas.
Classificação	Classe II B – Res. <u>Inerte</u> .	Classe I A – Res. <u>Perigoso</u>	Classe II B – Res. <u>Inerte</u> .

A bauxita impregnada com óleo mineral isolante, como esperado, apresentou um alto valor em massa bruta para óleos e graxas. No teste de solubilização, apresentou valor para o parâmetro fenóis totais bem acima do máximo permitido. A bauxita impregnada com óleo é classificada como material perigoso, Classe 1, e deve ser corretamente manipulada, estocada, tratada, para evitar problemas ambientais. A bauxita ativada e a bauxita tratada na câmara rotativa de plasma não apresentaram nenhum parâmetro, em massa bruta, lixiviado ou solubilizado, acima dos valores máximos permitidos e desta forma, ambos os materiais são considerados inertes e podem ser manipulados e estocados sem nenhuma restrição. Esse fato corrobora a eficácia do processo a plasma para tratamento da bauxita contendo óleo.

2.2.2 Reator com Tocha de Plasma de Arco Transferido

➤ Testes com redutor (carvão)

O reator com o sistema de plasma de arco transferido foi operado de forma contínua, alimentando-se até 30 kg/h de material, com adição de carvão. O sistema a plasma foi mantido com potência média de 50 kW (corrente de 400 Amperes; voltagem média de cerca de 130 V) e as demais condições operacionais, como pressão e temperatura do reator, mostraram-se estáveis nos valores mencionados acima. O vazamento do material cerâmico pode ser facilitado com o uso de agentes fundentes ou fluxantes, como óxido de cálcio e outros. Foram obtidos dois tipos de materiais como produtos do processo a plasma: uma matriz cerâmica, contendo na sua maior parte alumina, e uma matriz férrea, contendo na sua maior parte ferro e silício. A composição da matriz cerâmica obtida e da bauxita ativada alimentada está apresentada na Tabela 2 abaixo. A composição da matriz férrea obtida está apresentada na Tabela 3.

Tabela 2 - Composição química, em óxidos, de bauxita tratada na câmara rotativa inicialmente alimentada e produto obtido (matriz cerâmica) após processo a plasma com arco transferido, com redutor, por Fluorescência de Raios X.

Compostos	Bauxita tratada na câmara rotativa (% em massa)	Produto obtido - matriz cerâmica (% em massa)
Al ₂ O ₃	75,0	97,6
SiO ₂	7,6	1,3
Fe ₂ O ₃	10,2	0,1
MnO	0,8	0,1
MgO	< 0,1	0,4
CaO	< 0,1	0,1
Na ₂ O	0,1	0,1
K ₂ O	0,3	0,1
TiO ₂	1,1	0,3
P ₂ O ₅	0,1	0,1
PF	2,8	---

Tabela 3 - Composição do metal obtido no processo a plasma com arco transferido, com redutor, por Fluorescência de Raios X.

Elementos	Matriz férrea (% em massa)
Fe	70,0
Si	24,4
P	1,03
Ti	1,83
Mn	1,22
Al	0,766

Conforme pode ser visto na Tabela 2 acima, foi obtido um material, após processamento no reator a plasma, com composição semelhante à alumina; esse material, classificado como alumina eletrofundida, pode ser comercializado diretamente para indústrias cerâmicas. Análises realizadas por Difração de Raios X com esse material eletrofundido mostram uma grande fase de alumina, cristalina, obtida pelo processo de fusão e redução (que eliminou da fase cerâmica a maior parte de sílica e ferro presentes inicialmente). Essa fase cristalina da alumina obtida no processo de fusão e redução confirma a qualidade do material obtido.

A composição da liga metálica obtida, apresentada na Tabela 3, indica a obtenção de um ferro liga, contendo aproximadamente 95 % de FeSi. A Figura 5 abaixo apresenta o material cerâmico e a matriz férrea:



FIGURA 5 - Matriz cerâmica e matriz férrea;

➤ Testes sem redutor

No reator basculante foram realizados testes alimentando-se até 30 kg/h de bauxita tratada na câmara rotativa. Foi possível operar o reator de forma contínua, semelhantemente à operação com adição de redutor. Para vazamento da fase cerâmica pode ser acrescentado um agente fluxante ou fundente, como óxido de cálcio e outros.

Foi obtida uma matriz cerâmica cuja composição está apresentada na Tabela 4 abaixo. Para comparação, também está apresentada na Tabela 4 a composição da bauxita tratada na câmara rotativa. Conforme pode ser observado, comparando-se as composições do material antes e após processamento no reator a plasma, não ocorreram significantes alterações. Pequenas variações de composição são comuns, já que a amostra analisada representa uma pequena porção do material obtido, o qual não apresenta uma homogeneidade perfeita. Análises realizadas por Fluorescência de Raios X.

Tabela 4 - Composições da bauxita tratada na câmara rotativa e após processo no reator a plasma com arco transferido

Compostos	Bauxita tratada na câmara rotativa (% em massa)	Produto obtido (% em massa)
Al ₂ O ₃	75,0	81,2
SiO ₂	7,6	11,5
Fe ₂ O ₃	10,2	3,5
MnO	0,8	0,5
MgO	< 0,1	< 0,1
CaO	< 0,1	0,1
Na ₂ O	0,1	0,4
K ₂ O	0,3	0,2
TiO ₂	1,1	1,0

P ₂ O ₅	0,1	0,1
PF	2,8	---

A Figura 6 mostra o material sendo vazado do reator com tocha de plasma de arco transferido, sem redutor.



FIGURA 6 - Vazamento do reator

2.2.3 Reator com Tocha de Plasma de Arco Não Transferido

➤ Composição

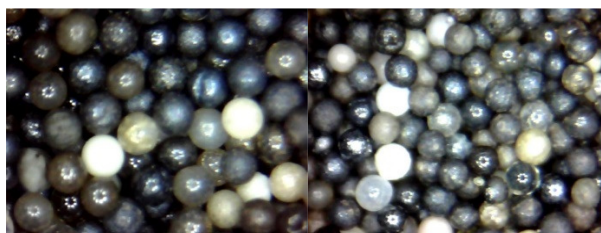
Na Tabela 5 estão apresentadas as composições da bauxita tratada na câmara rotativa e do material obtido nos testes do reator cilíndrico. O reator foi alimentado com bauxita tratada na câmara, moída e peneirada. Conforme observado, não houve uma diferença significativa na composição do produto obtido nos ensaios no reator cilíndrico comparando-se com a matéria prima, bauxita isenta de óleo. Desta forma, em termos de composição, os testes realizados alimentando-se até 30 kg/h de bauxita isenta de óleo mostraram satisfatórios.

Tabela 5 - Composições de bauxita e de produtos esferoidizados

Compostos	Bauxita tratada na câmara rotativa (% em massa)	Produtos Esferoidizados (% em massa)
Al ₂ O ₃	75,0	72,7
SiO ₂	7,6	4,5
Fe ₂ O ₃	10,2	10,0
MnO	0,8	0,1
MgO	< 0,1	0,2
CaO	< 0,1	0,6
Na ₂ O	0,1	0,3
K ₂ O	0,3	0,1
TiO ₂	1,1	1,3
P ₂ O ₅	0,1	0,1
PF	2,8	---

➤ Esferoidização

Partículas de bauxita tratada na câmara rotativa, moída e peneirada, com granulometria menor que 200 microns foram alimentadas no reator cilíndrico fixo. Nas Figuras 7 (a) a 7 (d) abaixo, estão apresentadas a bauxita esferoidizada, obtidas em ensaios com o reator cilíndrico fixo. As fotografias mostram as diferentes faixas granulométricas das bauxitas obtidas no processamento a plasma. Conforme observado, obtém-se praticamente a totalidade de esferoidização da bauxita alimentada com diâmetro médio abaixo de 200 microns.



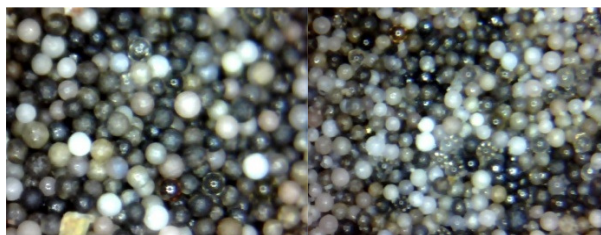


FIGURA 7 - Bauxita ativada moída alimentada, isenta de óleo, após processamento a plasma separada em faixas granulométricas, entre 150 e 200 microns, entre 106 e 150 microns, entre 75 e 150 microns e menor que 75 microns

3.0 - APLICAÇÕES DOS PRODUTOS

3.1 Câmara rotativa a plasma

Gerada bauxita ativada sem óleo que pode ser reutilizada para regeneração de óleos de transformadores. Foram realizados testes em campo, utilizando cerca de 300 kg de bauxita ativada processada na câmara rotativa a plasma, em regeneradora de óleo mineral isolante. Os resultados das análises físico-químicas, do óleo regenerado com bauxita tratada na câmara rotativa mostraram-se satisfatórios quando comparados com os resultados do óleo regenerado com bauxita ativada, tanto em escala laboratorial quanto em escala industrial, ver Tabela 6. Atenção especial deve ser dada aos resultados de tensão interfacial e fator de potência. Estes parâmetros são os mais indicados na análise de eficiência da regeneração de óleo mineral isolante. Neste caso, os dois parâmetros apresentam valores do óleo regenerado com bauxita tratada na câmara bem próximos aos valores do óleo regenerado com bauxita ativada. Isto indica que a bauxita após passar pelo processo de tratamento na câmara rotativa ainda mantém características que lhe permitem atuar como um material adsorvente.

Tabela 6 - Testes em Campo – Regeneradora com 300 kg de Bauxita Ativada Tratada na Câmara Rotativa a Plasma

Análise	Óleo a regenerar	Óleo tratado com bauxita processada
Água, ppm, NBR 10710	06	08
Rigidez Dielétrica, Kv/2,5 mm, NBR IEC 60156	79,5	97,5
Fator de Potência 100°C, %, NBR 12133	7,03	0,18
Cor, NBR 14483	4,5	3,0
Índice de Neutralização, mgKOH/g óleo, NBR 14248	0,005	0,001
Tensão Interfacial, din/cm, NBR 6234	32,0	41,1
Densidade 20/4°C, NBR 7148	0,885	0,885
Densidade 25°C, NBR 7148	0,882	0,882
Ponto de Fulgor, °C, NBR 11341	156	158
Ponto de Combustão, °C, NBR 11341	178	178
Ponto de Anilina, °C, NBR 11343	73	73
Índice de Refração 20°C, NBR 15298	1,4882	1,4877
Inibidor (DBPC), %, NBR 12134	0,057	0,27
Estabilidade a oxidação, R-BOT, min, NBR-15362	160	235
Viscosidade Cinemática a 40°C; Cst, NBR-10441	9,63	9,50
Viscosidade Cinemática a 100°C; Cst, NBR-10441	2,39	2,38
Enxofre Corrosivo, NBR-10505	Não Corrosivo (2c)	Não Corrosivo (2c)
Contagem de Partículas, NBR-14275	xxx	8741

3.2 Reator com tocha de plasma de arco transferido

Foram obtidos como produtos, a bauxita eletrofundida, material que pode ser comercializado para confecção de tijolos refratários, peças cerâmicas, abrasivos e outras aplicações cerâmicas, a alumina eletrofundida e liga de FeSi. Neste caso a alumina eletrofundida tem um alto valor agregado, podendo ser utilizada para aplicações em tijolos refratários para altas temperaturas, bem como para confecção de peças cerâmicas de alta resistência mecânica e térmica. A liga de FeSi pode ser comercializada diretamente na indústria metalúrgica, para confecção de peças metálicas, barras, chapas, etc.

3.3 Reator com tocha de plasma de arco não transferido

Foi obtida a bauxita eletrofundida esferoidizada a partir de bauxita tratada na câmara rotativa, moída e com granulometria abaixo de 200 microns. O material esferoidizado pode ser utilizado em aplicações cerâmicas especiais, principalmente para recobrimento de superfícies (por aspersão térmica) ou ainda na confecção de abrasivos especiais e até em tintas industriais.

4.0 - CONCLUSÃO

Os processos a plasma desenvolvidos para tratamento de bauxita impregnada com óleo mineral isolante mostraram-se viáveis, tanto na regeneração da bauxita, quanto nos produtos obtidos da bauxita, produtos esses com bom valor agregado e passíveis de comercialização. Os processos a plasma são limpos e podem ser instalados em locais próprios de empresas de energia elétrica ou de empresas que prestam serviço de tratamento desse material.

Desta forma, um resíduo inicialmente classificado como Classe I – Perigoso, após o processamento a plasma, gerou produtos classificados como inertes, acrescentando ao processo de regeneração da bauxita um enorme ganho ambiental.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PILUSKI, J.E.A., HOTZA, D., Caracterização de bauxita ativada antes e depois da saturação com óleo mineral isolante, Quim. Nova, Vol.31, n.5, 1165-1169, 2008.
- [2] JÚNIOR G. E. L., NETO J. M. G., NETO J. M. M. Ação adsorvente da bauxita sobre óleo isolante novo, Quim. Nova, Vol. 28, No. 3, 535-538, 2005
- [3] PRADO, C. M. R., ALVES, M. I. R., LELES, M. I. G., MEDEIROS, R. I., OTTO, C. R. DAMASCENO, F. C., BRAIT, C. H. H., FRANCO, P. I. B. M., ANTONIOSI FILHO, N. R., Estudo da ativação ácida e tratamento térmico de bauxita extraída de jazidas em Minas Gerais, Brasil, Cerâmica 58, 111-117, 2012.
- [4] E. PFENDER. "Thermal plasma technology: Where do we stand and where are we going". Plasma Chem. Plasma Proc., 19: 1-31, 1999
- [5] KRIEGER, K.A., HEINEMANN, H., Regeneration of alumina adsorbents by oxidation, US Patent 2, 457, 566, 1951.
- [6] LEE, S.H.D., Regenerable activated bauxite adsorbent alkali monitor probe, US Patent 5,173,263, 1992.
- [7] U. KOGELSCHATZ. "Atmospheric-pressure plasma technology". Plasma Phys. Control. Fusion, 46: B63-B75, 2004
- [8] R. HIPPLER, S. PAFU AND M. SCHMIDT. "Low temperature plasma physics: Fundamental aspect and applications", WILEY- VCH Verlag Berlin GmbH, Berlin, 2001.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Autor 1:



- Nome: Josélia Ednar Antunes Piluski
- Local e Ano de nascimento: São Joaquim, SC, 1965.
- Local e ano de graduação / pós-graduação: Graduação em Química Industrial e Eng. Química, FESSC, 1986 e 1987.

Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2003.

Especialização em Gestão do Mercado de Energia Elétrica, Universidade do Vale do Itajaí, 2006.

Especialização na Gestão Estratégica da Inovação Tecnológica no Setor de Energia Elétrica. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2010.

- Experiência profissional: Eletrosul Centrais Elétricas S.A., Eng.º de Projetos Sênior; (1988 - atual).

Autor 2:

- Nome: Hobed Rosa
- Local e ano de nascimento: Florianópolis, 1982.
- Local e ano de graduação / pós-graduação: Graduação em Engenharia de Produção Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

Mestre em Logística e Transporte, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

- Experiência profissional: Eletrosul Centrais Elétricas S.A., Engenheiro de P&D, (2009 - atual).

Autor 3:

- Nome: Roberto Nunes Szente
 - Local e ano de nascimento: São Paulo/ 1961
 - Local e ano de graduação / pós-graduação: Graduação em Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, 1983 e Física - Instituto de Física da Universidade de São Paulo, USP, 1984.
- Mestre em Enginnering, Chemical Engineering Department, McGill University, Montreal, Canada, 1986.
- Doutorado **Ph.D.** - Chemical Engineering Department, McGill University, Montreal, Canada, 1990.
- Post-doutorado, Post Doctoral Fellow - Plasma Technology Research Center, Montreal, Canada, 1991.

- Experiência profissional: Sócio Diretor – REORG Ltda, (2007 – atual). Projetos na Área de Plasma e Meio Ambiente.

Autor 4:

- Nome: Lourenço Barbosa de Souza
- Local e ano de nascimento: Mato Grosso do Sul, 1961.
- Local e ano de graduação / pós-graduação: Formação em Eletrotécnica, Colégio Fernão Dias Paes, Osasco, 1985.
- Experiência profissional: Téc. Sênior, REORG LTDA, (2007 – atual) e Téc. Sênior, IPT, (1980 a 2007)

Autor 5:

- Nome: Odair de Freitas
- Local e ano de nascimento: São Paulo, 1956.
- Local e ano de graduação / pós-graduação: Formação em Mecânica, Senai, Osasco, 1979.
- Experiência profissional: Téc. Sênior, REORG LTDA, (2007 – atual) e Téc. Sênior, IPT, (1981 a 2000).