

XII-096 - AGREGAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONFECÇÃO DE SUPORTES PARA FILTROS CATALÍTICOS NANOCOMPÓSITOS DE MATRIZ CERÂMICA

Rafael Martins da Silva⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Mestrando do programa de pós-graduação em Tecnologia Ambiental - UNISC.

Adriane Lawisch Rodriguez⁽²⁾

Doutora em Engenharia/TU-Berlin-Alemanha, Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola de Engenharia da UFRGS; Engenheira Química pela Escola de Engenharia da PUCRS. Professora do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Professora do programa de pós-graduação em Tecnologia Ambiental - UNISC.

Diosnel Antonio Rodriguez Lopez⁽³⁾

Engenheiro de Minas pela Universidade Federal de Ouro Preto (1987), mestre em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1991) e Doutor em Eng. de Materiais Metalúrgia e Meio Ambiente - Technische Universität Berlin (1997). Professor do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Professor do programa de pós-graduação em Tecnologia Ambiental - UNISC.

Adrison Carvalho de Loreto⁽⁴⁾

Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – UNISC

Endereço⁽¹⁾: Avenida Independência, 2293 – Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-900 - Brasil - Tel: (51) 81301902 - e-mail: rafaelmartins26@yahoo.com.br

RESUMO

Através da expansão e globalização econômica e o crescente e desenfreado consumismo, a geração de resíduos sólidos tem aumentado exponencialmente seus volumes. Relacionando este fator, a degradação ambiental causada pela recente expansão automobilística e aumento da motorização individual, os impactos ambientais por consequência da poluição do ar, água e solo tem tido grande notoriedade. Dentro deste contexto o presente trabalho visa a confecção dos suportes para filtros catalíticos para remoção de poluentes de diesel a base de níquel, através de matriz cerâmica com agregação de resíduos das indústrias de fumo e vidro em escala nanométrica (nanocompósitos), uma vez que ambas têm auto impacto nesta região. Para a elaboração desses materiais cerâmicos, foram utilizados dois tipos de resíduos da indústria regional: pó de fumo e o pó de vidro. Os resíduos foram incorporados em formulações com teores de 5 e 20%(m/m) respectivamente. Os corpos de prova foram conformados por prensagem uniaxial, sendo queimados com uma temperatura de 1100° C. Os corpos de prova foram avaliados inicialmente quanto às propriedades físicas e mecânicas. Os corpos de prova incorporados com 20% (m/m) de pó de vidro apresentaram os melhores resultados quanto às propriedades mecânicas. O presente trabalho demonstrou que a proposta de incorporação de resíduos matriz cerâmica para a confecção de suportes de filtros catalíticos, é viável, no que diz respeito à aplicação industrial e principalmente no que diz respeito à viabilidade ambiental. Mostrou de igual forma grande valia no uso destes resíduos como material agregado em produtos da indústria civil, uma vez que os mesmos melhoram propriedades mecânicas ao material, evitando também o envio de resíduos a aterros industriais, consequentemente reduzindo a extração de recursos naturais e impactos relacionados ao processo produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos, Cerâmica, Agregação, Filtro, Nanocompósitos.

INTRODUÇÃO

Através da expansão e globalização econômica e o crescente e desenfreado consumismo, a geração de resíduos sólidos tem aumentado exponencialmente seus volumes. Relacionando este fator, a degradação ambiental causada pela recente expansão automobilística e aumento da motorização individual, os impactos ambientais por consequência da poluição do ar, água e solo tem tido grande notoriedade. Segundo dados do DENATRAN, a frota veicular entre os anos de 1990 e 2003 cresceu em mais de 100%, indicando a tendência de duplicação a cada década. Os veículos movidos a combustíveis causam mais poluição atmosférica do que qualquer atividade humana, sendo está o mais grave problema na degradação do ambiente.

Por meio destas prerrogativas, nota-se a importância do desenvolvimento de novas tecnologias, que visem não só a remediação de gases nocivos, mas também o reaproveitamento de resíduos industriais, estes que por sua vez acabam sendo destinados para lixões ou na melhor das hipóteses aterros sanitários domésticos e/ou industriais.

Segundo Menezes (2002), os produtos de cerâmica vermelha representam uma área de grande potencial para incorporação de resíduos. Este fato está relacionado a características como: grande volume de produção, o qual utiliza grande quantidade de matérias primas; longa vida útil destes produtos; capacidade de encapsulamento dos resíduos incorporados; tolerância a variações de composição de suas matérias-primas; viabilidade de agregação de quantidades consideráveis de resíduos. Ainda com objetivo de diminuir a emissão de gases poluentes e materiais particulados exigidos por legislações cada vez mais rigorosas, as indústrias automotivas tem investido em tecnologias de pós-tratamento, como em específico, a confecção e desenvolvimento de filtros catalíticos.

Os filtros catalíticos têm ênfase como uma tecnologia que objetiva a redução da poluição atmosférica provenientes de fontes móveis e fixas. Estes filtros têm como principal função remover o material particulado presente nos gases e simultaneamente reduzir os gases poluentes, tais como, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, através de reações catalíticas que ocorrem na presença de um determinado catalisador. Segundo Engelen et al, (2003), os filtros catalíticos necessitam de propriedades como: estabilidade termoquímica e mecânica, alta eficiência de coleta do particulado, alta atividade catalítica, baixa queda de pressão e baixo custo. Neste quesito a cerâmica vermelha entra como uma valiosa alternativa, uma vez que possui em quase totalidade todas essas características.

Dentro deste contexto o presente trabalho visa a confecção dos suportes para filtros catalíticos a base de níquel, através de matriz cerâmica com agregação de nanomateriais oriundos das indústrias de fumo e vidro, objetivando não somente o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias, como também a redução na extração de recursos naturais e impactos ambientais relacionados ao processo produtivo, através do reaproveitamento de resíduos industriais.

METODOLOGIA

Caracterização das propriedades físicas e químicas da matriz cerâmica

Propriedades mineralógicas

A análise de composição mineralógica da matriz cerâmica foi realizada através do método de difração de raios X, afim de determinar as fases presentes na argila. Para tal foi utilizado o equipamento Philips, modelo X'Pert MPD.

Composição Química

Para a análise química da matriz cerâmica utilizou-se o método de fluorescência de raios X através do aparelho Shimadzu Sequential X-ray Fluorescence Spectrometer. Salienta-se que para este método é necessária a preparação da amostra, que passa por cominuição e peneiramento em uma peneira ABNT 325 mesh.

Preparação dos materiais

Na primeira etapa foram realizados os processos de desumidificação e cominuição da cerâmica vermelha (matriz cerâmica), do pó de fumo e do pó de vidro (reforços). Para a etapa de desumidificação os resíduos assim como a cerâmica vermelha, foram colocados em uma estufa a 110°C durante um período de 24 horas. Após esse período foram realizadas etapas de cominuição em um moinho britador e posteriormente moinho de bolas.

Obtenção das suspensões cerâmicas

Inicialmente misturou-se por trinta minutos, com um agitador mecânico e em meio aquoso a cerâmica vermelha (matriz cerâmica), a argila bentonítica (ligante) e os resíduos (reforços) nas seguintes composições percentuais (em massa):

Tabela 1: Composições aplicadas nos suportes para filtros

Composição	Argila Vermelha	Argila Bentonítica	Pó de Fumo	Pó de vidro
Branco	95%	5%		
AF	90%	5%	5%	
AFV	70%	5%	5%	20%

Em seguida as misturas totalmente homogeneizadas foram levadas a estufa a uma temperatura de 50°C por um período de 24 horas para que toda a água fosse removida. Após a completa remoção da água presente, todas as misturas foram cominuídas em moinho planetário durante 5 minutos para a obtenção do pó. Posteriormente o pó foi peneirado afim de que se obtivesse apenas partículas passantes na peneira de 80 mesh.

Confecção dos corpos de prova

Para o processo de confecção dos corpos de prova, foram realizadas em 3 etapas sendo elas: umidificação, prensagem e sinterização.

- Umidificação: as amostras dos pós obtidos anteriormente, foram umidificadas com 10% em massa de água para o processo de compactação;
- Prensagem: nesta etapa, foram dispostas as formulações em um molde com área superficial de 6 cm x 12 cm, as quais foram prensadas a 5,4 MPa em uma prensa hidráulica pelo tempo de 10 segundos;
- Sinterização: os corpos de prova depois de prensados, foram para uma estufa a 100 °C por 24 horas, para posterior queima em um forno elétrico a um patamar de 1100°C por 4 horas, em uma taxa de aquecimento de 2,3 °C/min em um tempo de 8 horas.

Ensaio de flexão em 4 pontos

Os corpos cerâmicos, após a sinterização foram caracterizados quanto à resistência mecânica por flexão a quatro pontos, sendo está calculada através da Equação 1. Este ensaio é baseado na norma técnica ASTM C – 133/97 e foi realizado em uma máquina de ensaios universal ATS modelo 1105 C.

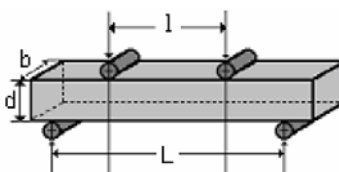


Figura 1: Ilustração flexão em 4 pontos

$$\sigma = \frac{3 P(L-l)}{2 b h^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

σ = tensão de ruptura, em MPa;

P = carga de ruptura, em N;

b = base do corpo-de-prova, em mm;

h = altura do corpo-de-prova, em mm;

l = distância entre os apoios superiores, em mm;

L = distância entre os apoios inferiores, em mm.

Ensaio de Absorção de água

Ainda após a queima, foi realizado o ensaio de absorção de água. Este representa o aumento de peso do material úmido em relação ao seco. A obtenção do peso úmido foi realizada pela imersão dos corpos cerâmicos em água em um período de 24h. Após este período, com a ajuda de um papel toalha foi retirada a água

superficial e novamente os corpos de prova foram pesados. Através da relação entre o peso depois da imersão e após a secagem, com a ajuda da equação 2 foi possível a realização do cálculo da absorção de água.

$$AA = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) \times 100 \text{ (Eq. 2)}$$

AA = absorção de água (%);

Mu = massa do corpo cerâmico saturado com água (g);

Ms = massa do corpo cerâmico após secagem (g);

Porosidade Aparente

Para a realização do ensaio de porosidade aparente, os corpos cerâmicos foram pesados secos e úmidos (após 24h de imersão em água). Para completar o ensaio se fez necessário a pesagem dos corpos de prova imersos em água. Para o cálculo da porosidade aparente foi utilizada a equação abaixo:

$$PA = \left(\frac{M_u - M_s}{M_u - M_i} \right) \text{ (Eq. 3)}$$

PA = porosidade aparente (%);

Mu = massa do corpo cerâmico saturado com água (g);

Ms = massa do corpo cerâmico após secagem (g); e

Mi = massa do corpo cerâmico imerso em água (g).

RESULTADOS

Caracterização da matriz cerâmica

Composição química

A tabela a seguir descreve a composição química da matriz cerâmica utilizada para a produção dos corpos de prova.

Tabela 2: Composição química da argila

Composto	Argila (m/m%)
SiO ₂	64,27
Al ₂ O ₃	15,40
Fe ₂ O ₃	5,23
K ₂ O	2,46
CaO	0,32
SO ₃	-
TiO ₂	0,78
MgO	0,78
Na ₂ O	-
MnO	0,06
ZrO ₂	0,04
SrO	0,018
P ₂ O ₅	0,10
Rb ₂ O	0,02
ZnO	0,015
Cr ₂ O ₃	-
Perda ao Fogo	10,48

A composição química desta cerâmica, mostra que esta é composta basicamente por SiO₂, Al₂O₃, e Fe₂O₃, os demais elementos aparecem em níveis quase que residuais. Esta argila é considerada como uma típica cerâmica vermelha, pois suas concentrações percentuais de SiO₂, Fe₂O₃ e Al₂O₃ estão situadas nos valores característicos deste tipo, sendo eles, (43,2 a 77,6%), (1,36 a 9,6%) e (9,9 a 38%).

De acordo com Más (2002), os valores de perda ao fogo de argilas, entre 4 -8% está associada à presença de argilas magras de menor plasticidade, valores de 10-12% caracterizam argilas predominantemente plásticas e valores entre 12-50% atribuíam a grande quantidade de matéria orgânica ou calcários (carbonatos), sendo assim a argila utilizada no presente trabalho é caracterizada como argila plástica uma vez que a perda ao fogo foi de 10,48%.

Difratograma da argila

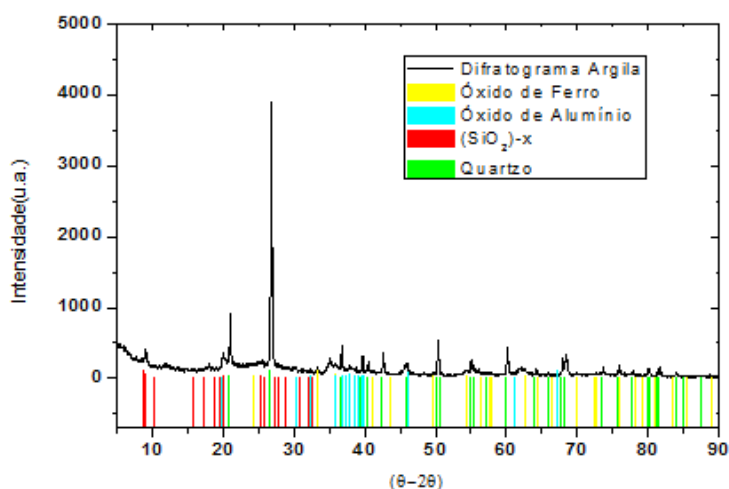


Figura 2: Difratograma da Argila

Flexão em 4 pontos

Através do ensaio de flexão em 4 pontos foi possível determinar a resistência mecânica dos suportes para filtros catalíticos. Esta resistência foi determinada através de dois parâmetros, sendo eles, força máxima e tensão máxima. Abaixo encontram-se tabelas com valores detalhados para cada corpo de prova, em cada uma das composições.

Tabela 3: Força e tensão máxima (Branco)

Corpo de Prova	Força Máxima (N)	Tensão Máxima (MPa)
1	271,901	28,7324
2	7,73271	0,43195
3	61,7663	3,31513
4	134,381	7,05687
5	241,319	13,0828
6	143,774	7,18144
7	265,479	28,2859
Média	160,9075729	12,58378429
Desvio Padrão	95,62536337	11,55342935

Tabela 4: Força e tensão máxima (AF)

Corpo de Prova	Força Máxima (N)	Tensão Máxima (MPa)
1	347,892	21,54
2	318,058	23,07
3	247,9	17,57
4	316,548	24,72
5	350,69	28,6805
6	308,45	21,9669
7	335,932	24,7558
Média	317,9242857	23,18617143
Desvio Padrão	34,85926091	3,179294416

Tabela 5: Força e tensão máxima (AFV)

Corpo de Prova	Força Máxima (N)	Tensão Máxima (MPa)
1	471,282	38,5482
2	424,496	34,521
3	316,691	27,7856
4	506,655	38,8956
5	381,502	26,0978
6	466,951	36,594
7	362,19	27,2383
Média	418,5381429	32,8115
Desvio Padrão	68,1241824	5,605796003

Para a melhor interpretação dos dados, seguem abaixo os gráficos dos valores médios de cada composição com seus respectivos desvios padrões.

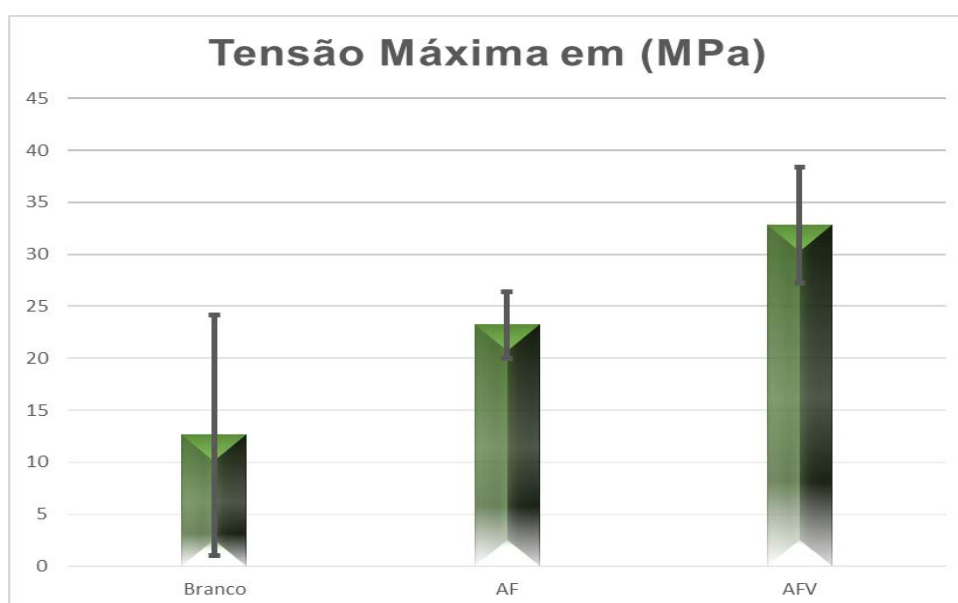


Figura 3: Gráfico dos valores médios de tensão máxima.

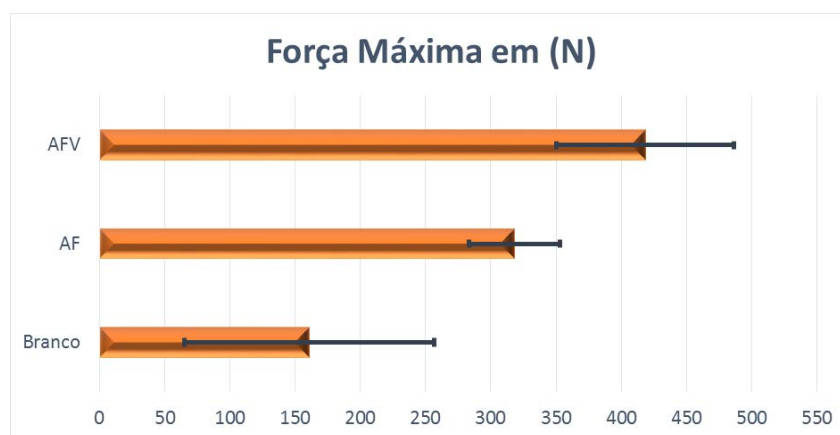


Figura 4: Gráfico dos valores médios de força máxima.

Através dos gráficos, pode-se perceber um aumento da resistência mecânica nos corpos de prova adicionados de vidro, comportamento este esperado em comparação a outras matrizes estudadas, onde por exemplo, na matriz cimentícia a adição do vidro em concreto autoadensável resulta no aumento da resistência à compressão (até 20% de utilização). Salienta-se ainda que os corpos de prova com a adição de pó de fumo como reforço tiveram resultados muito além do esperado, uma vez que a resistência requerida para materiais cerâmicos fica na faixa de 1 a 15 MPa, fato este explicado pela literatura, pois, conforme Okongwu, (1988) apud Silva (2010) quando há adição de pequenos teores (3% e 5%) obtém-se melhor grau de compactação dos corpos cerâmicos no processo de conformação, melhorando suas propriedades após a queima. Os corpos de prova (Branco) tiveram os menores valores de resistência, devido a uma má conformação no momento da prensagem, pois os teores de umidade utilizados não foram suficientes.

A porosidade é um fator de relevância quanto à resistência mecânica, visto que, os poros são concentradores de microfissuras. Comportamento este observado nas formulações dos corpos de prova, onde as que tiveram adições de pó de vidro, sofreram o fenômeno da vitrificação que ocorre após a faixa de 1000°C de queima, este que fechou os poros dos corpos de prova lhes conferindo maior resistência. Este fenômeno não é interessante para os suportes de filtros, pois estes precisam ser porosos.

Outros dois fatores importantes para o aumento de resistência adquirido pelos corpos de prova em todas as composições foram, a argila bentonítica usada como ligante na mistura e a passagem dessas composições pelo moinho planetário, onde obteve-se faixas granulométricas muito próximas evitando espaços vazios.

Absorção de água

Através do ensaio de absorção de água foi possível determinar a quantidade em porcentagem de massa a capacidade de retenção de fluidos dos suportes para filtros catalíticos. Abaixo encontram-se tabelas com valores detalhados para cada corpo de prova, em cada uma das composições.

Tabela 6: Valores de absorção de água (Branco)

Corpos de Prova	Peso Seco (g)	Peso Imerso (g)	Peso Saturado(g)	Absorção de água (%)
1	7,67	4,4	8,06	5,084745763
2	10,47	6,1	11,43	9,169054441
3	10,29	6,03	11,12	8,066083576
4	10,66	6,15	11,6	8,818011257
5	10,25	5,9	11,24	9,658536585
6	10,58	6,13	11,63	9,924385633
7	7,64	4,34	8	4,712041885
Média				7,918979877
Desvio padrão				2,150876853

Tabela 7: Valores de absorção de água (AF)

Corpos de Prova	Peso Seco (g)	Peso Imerso (g)	Peso Saturado (g)	Absorção de água (g)
1	8,68	4,83	9,11	4,953917051
2	8,4	4,77	8,83	5,119047619
3	8,5	4,87	8,94	5,176470588
4	8,36	4,74	8,8	5,263157895
5	8,55	4,87	8,92	4,32748538
6	8,75	5,19	9,2	5,142857143
7	8,76	4,95	9,22	5,251141553
Média				5,033439604
Desvio padrão				0,32777498

Tabela 8: Absorção de água e porosidade aparente (AFV)

Corpos de Prova	Peso Seco (g)	Peso Imerso (g)	Peso Saturado (g)	Absorção de água (%)
1	8,66	5,04	8,67	0,115473441
2	8,64	4,66	8,65	0,115740741
3	8,08	4,71	8,09	0,123762376
4	9,15	5,35	9,16	0,109289617
5	8,91	5,33	8,92	0,112233446
6	8,82	5	8,83	0,113378685
7	8,64	4,95	8,65	0,115740741
Média				0,115088435
Desvio padrão				0,004489562

Para a melhor interpretação dos dados, segue abaixo o gráfico dos valores médios de cada composição com seus respectivos desvios padrões.

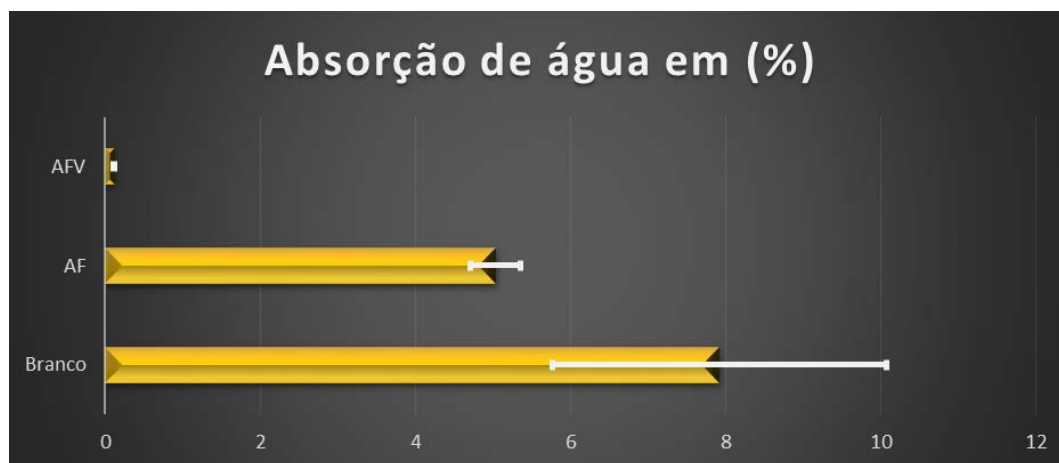


Figura 5: Gráfico com os valores médios de absorção de água.

A partir dos dados expostos no gráfico, pôde-se perceber que a composição AFV teve a menor absorção. Este fato é ocasionado, pela formação de massa vítrea após os 1000°C tapando quaisquer espaços vazios, apresentando uma taxa de 0,11% de absorção de água. Já os corpos de prova AF apresentaram absorção média de 5% e os da composição Branco apresentaram em torno de 8% de absorção de água, o que certifica com mais clareza a influência do pó de vidro na formulação destes. Vale salientar que estes materiais estão dentro das normas de absorção de água, uma vez que a faixa permitida encontra-se de 0% a 18% dependendo da aplicação.

Porosidade aparente

Através do ensaio de porosidade aparente foi possível determinar a quantidade em porcentagem de massa de poros nos suportes para filtros catalíticos. Abaixo encontram-se tabelas com valores detalhados para cada corpo de prova, em cada uma das composições.

Tabela 9: Porosidade aparente (AF)

Corpos de Prova	Peso Seco (g)	Peso Imerso (g)	Peso Saturado (g)	Porosidade Aparente (g)
1	8,68	4,83	9,11	10,04672897
2	8,4	4,77	8,83	10,591133
3	8,5	4,87	8,94	10,81081081
4	8,36	4,74	8,8	10,83743842
5	8,55	4,87	8,92	9,135802469
6	8,75	5,19	9,2	11,22194514
7	8,76	4,95	9,22	10,77283372
Média				10,48809893
Desvio padrão				0,692810024

Tabela 10: Porosidade aparente (Branco)

Corpos de Prova	Peso Seco (g)	Peso Imerso (g)	Peso Saturado (g)	Porosidade aparente (g)
1	7,67	4,4	8,06	10,6557377
2	10,47	6,1	11,43	18,01125704
3	10,29	6,03	11,12	16,3064833
4	10,66	6,15	11,6	17,24770642
5	10,25	5,9	11,24	18,53932584
6	10,58	6,13	11,63	19,09090909
7	7,64	4,34	8	9,836065574
Média				15,66964071
Desvio padrão				3,818573451

Tabela 11: Porosidade aparente (AFV)

Corpos de Prova	Peso Seco (g)	Peso Imerso (g)	Peso Saturado (g)	Porosidade Aparente (%)
1	8,66	5,04	8,67	0,275482094
2	8,64	4,66	8,65	0,250626566
3	8,08	4,71	8,09	0,295857988
4	9,15	5,35	9,16	0,262467192
5	8,91	5,33	8,92	0,278551532
6	8,82	5	8,83	0,261096606
7	8,64	4,95	8,65	0,27027027
Média				0,27062175
Desvio padrão				0,014608948

Para a melhor interpretação dos dados, o gráfico a seguir apresenta os valores médios de cada composição com seus respectivos desvios padrões.

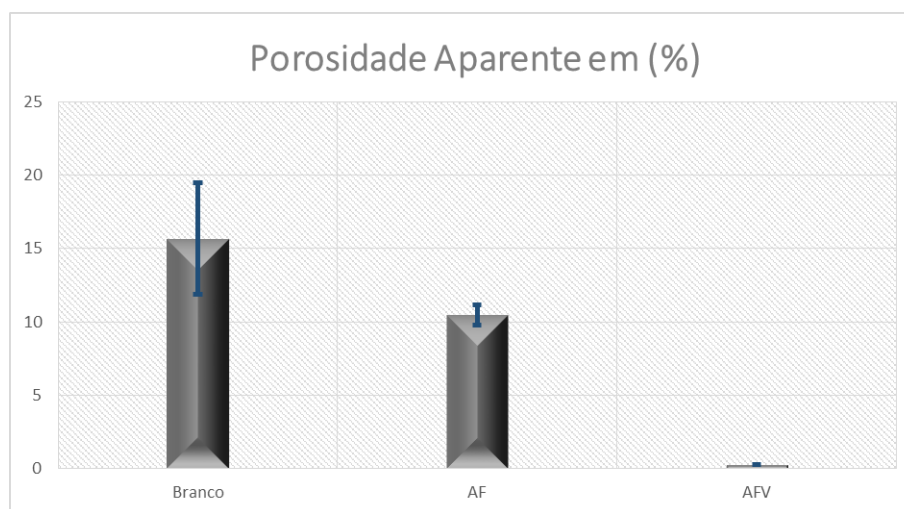


Figura 6: Gráfico dos valores médios de porosidade aparente.

Através dos dados retirados do ensaio de porosidade aparente, pôde-se perceber que a formulação AFV, obteve a menor porosidade aparente, aproximadamente 0,27%. Este fato está relacionado com a formação da massa vítrea e a temperatura de queima dos corpos de prova. (Bragança, 2002 apud Silva, 2010). Já os corpos de prova da formulação AF apresentaram porosidade aparente de 10,5%, pois o pó de fumo após sinterização deixa o espaço que ocupava formando poros. Os corpos de prova branco apresentaram a taxa de porosidade mais alta, porém isto ocorreu pois como houve erro de conformação como descrito anteriormente no presente projeto, ficaram espaços vazios e trincas nos corpos de prova, ocasionando erro nos cálculos. Vale salientar que para os filtros catalíticos é extremamente necessário que haja poros na estrutura do suporte, portanto através dos resultados obtidos optou-se por impregnar o níquel (catalisador) em um suporte com a composição AF.

Outro fato interessante e de grande valia, é que a composição AF e principalmente a AFV apresentaram taxas de porosidade dentro das normas para materiais cerâmicos que se situa entre 0% e 20% dependendo da aplicação, ou seja, essas mesmas formulações que levam em sua composição resíduos industriais podem ser utilizados para diversos tipos de materiais cerâmicos. Ainda é necessário observar que a formulação AFV por sua grande resistência, baixa absorção de água e porosidade quase nula pode ser empregada em aplicações de maiores restrições a imperfeições ou falhas.

Agregação de resíduos em material cerâmico

Conforme os resultados obtidos no presente projeto, percebe-se que a agregação destes dois resíduos industriais, melhoram as características estruturais no que se refere as características mecânicas de forma bastante expressiva. Através dessa prerrogativa e dados obtidos da produção da empresa Cerâmica Candelária, esta que forneceu a argila vermelha para o projeto, decidiu-se criar um cenário, afim de demonstrar as quantidades de resíduos que seriam agregadas aos produtos cerâmicos, evitando assim de irem para aterros sanitários.

Segundo dados da empresa a produção média diária é de 37450 peças, equivalente em peso a 139,11 Toneladas. A tabela a seguir apresenta um panorama dos resultados.

Tabela 12: Panorama proposto para agregação de resíduos na Cerâmica Candelária

Tempo	Peças (unidades)	Argila (T)	Argila 75% (T)	5 % pó de fumo agregado (T)	20% pó de vidro (T)
Dia	37450	139,11	104,3325	6,9555	27,822
Mês	749000	2782,2	2086,65	139,11	556,44
Ano	8988000	33386,4	25039,8	1669,32	6677,28

Pôde-se perceber através deste panorama as grandes quantidades de resíduos agregados a este tipo de processo produtivo, resíduo esse que não iria para aterros sanitários ou lixões, sendo reinserido a algum processo produtivo, uma vez que o resíduo de vidro ainda não possui tecnologias eficientes para sua reestruturação na forma de produtos. Vali salientar que neste tipo de indústria a agregação de resíduos dentro da massa cerâmica pode chegar até 60%.

Aplicação dos materiais desenvolvidos na construção civil

Os materiais desenvolvidos com as composições AF e AFV apresentaram características pertinentes ao uso destes na construção civil, uma vez que os parâmetros das normas foram atendidas por estes materiais.

Em aplicações como telhas ambas as composições são satisfatórias, pois as resistências mecânicas encontram-se respectivamente em 23 e 32 Mpa e conforme NBR 7172 (ABNT 1987) e NBR 9601 (ABNT 1986), os valores podem variar entre 6,8 a 12,7 MPa dependendo do tipo de telha. Quanto a absorção de água os valores encontram-se dentro da norma NBR 8947 (ABNT-1985) onde os valores podem ser $\leq 18\%$.

Para blocos cerâmicos a composição AF é a única que se enquadra, pois NBR 7171 (ABNT 1997) estipula absorção de água entre 8 e 18% e a resistência mecânica precisa ser de no mínimo 1Mpa.

Para placas cerâmicas de revestimento a única composição que se enquadra é a AFV, pois segundo a norma NBR 13817 (ABNT 1997) a absorção de água pode variar entre 0,5 a 10 %, ou mesmo valores superiores dependendo da aplicação e a resistência mecânica segundo a NBR 13818 (ABNT 1997) pode atingir valores entre 15 e 35 MPa, ou mesmo superiores dependendo da aplicação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em todo o processo de pesquisa desenvolvido e nos dados obtidos pelo referido trabalho, conclui-se que a agregação de resíduos industriais em matriz cerâmica na confecção de suportes para filtros catalíticos, demonstra grande valia, uma vez que, além de ser um material que apresenta ótimas características mecânicas como já descrito no referido trabalho, apresentou índices de porosidade satisfatórios, sendo a composição AF a indicada para este fim como já discutido no presente projeto. Salienta-se também a consolidação deste projeto na busca de reciclagem de resíduos sólidos objetivando o desenvolvimento de novos e eficientes materiais associados à diminuição dos impactos ambientais causados tanto na fabricação industrial deste tipo de tecnologia quanto na disposição final dos resíduos agregados.

É importante ressaltar que os materiais confeccionados no referente projeto, tem propriedades ótimas para serem usados na construção civil, consolidando a pesquisa. Para novas e futuras pesquisas, salienta-se a necessidade de obter-se maiores teores de porosidade mantendo as características de resistência mecânica encontradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT NBR 13817: placas cerâmicas revestimento – classificação. Rio de Janeiro, 1997.
2. ABNT NBR 13818: placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.
3. ABNT NBR 15270-3: Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio
4. ABNT NBR 15310:2009: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.
5. MÁZ, E. Diagnóstico das matérias primas e metodologia de extração das matérias primas. Qualidade e Tecnologia em cerâmica vermelha, São Paulo, 2002.
6. R. R. MENEZES, G. A. NEVES, H. C. FERREIRA, Rev. Bras. Eng. Agr. Amb. 6, 2 (2002) 303-313.
7. SILVA, P. L. B. Obtenção e caracterização de cerâmica vermelha utilizando na matéria-prima resíduo argiloso do rerrefino de óleos minerais. 2010. 74f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, UFRGS, Porto Alegre, 2010.
8. STEFFENS, J. Desempenho de filtros fibrosos operando na remoção de partículas nanométricas de aerossóis. 2007. 206f. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2007