

REAPROVEITAMENTO E RECICLAGEM DE VIDROS:

EXPERIÊNCIAS EM PESQUISA

Crislene Rodrigues da Silva Morais
ORGANIZADORA



Crislene Rodrigues da Silva Morais
ORGANIZADORA

REAPROVEITAMENTO E RECICLAGEM DE VIDROS EXPERIÊNCIAS EM PESQUISA



Campina Grande - PB
2022

R288 Reaproveitamento e reciclagem de vidros [livro eletrônico]: experiências em pesquisa / Crislene Rodrigues da Silva Morais (org.). – Campina Grande: EDUEFG, 2022.
246 p.

E-book (PDF)
ISBN 978-65-86302-61-5

1. Engenharia Química. 2. Metalúrgica. 3. Engenharia – Materiais e Metalurgia. 4. Materiais não Metálicos. 5. Reciclagem de Vidros. I. Morais, Crislene Rodrigues da Silva. II. Título.

CDU 66.01:666.1

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA SEVERINA SUELI DA SILVA OLIVEIRA CRB-15/225

EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - EDUEFG
editoradaufcg@gmail.com

Prof. Dr. Antônio Fernandes Filho
Reitor

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata
Vice-Reitor

Prof. Dr. Patrício Borges Maracajá
Diretor Administrativo da Editora da UFCEG

CONSELHO EDITORIAL

Anubes Pereira de Castro (CFP)
Benedito Antônio Luciano (CEEI)
Erivaldo Moreira Barbosa (CCIS)
Janiro da Costa Rego (CTRN)
Marisa de Oliveira Apolinário (CES)
Marcelo Bezerra Grilo (CCT)
Naelza de Araújo Wanderley (CSTR)
Railene Hérica Carlos Rocha (CCTA)
Rogério Humberto Zeferino (CH)
Valéria Andrade (COSA)

DEDICO

Ao meu esposo Sérgio Ricardo e
aos meus filhos Miguel e Sergio Filho,
minhas âncoras.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	09
CAPÍTULO 1	
DIAGNÓSTICO DO MERCADO DE RESÍDUOS VÍTREOS GERADOS NO MUNICÍPIO CE CAMPINA GRANDE - PB	13
CAPÍTULO 2	
QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS VÍTREOS GERADOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE - PB.....	27
CAPÍTULO 3	
ESTUDO GRAVIMÉTRICO DE RESÍDUOS VÍTREOS DOMÉSTICOS DO LIXÃO DE CAMPINA GRANDE - PB	43
CAPÍTULO 4	
CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS VÍTREOS PROVENIENTES DE SUCATAS E DO LIXÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE - PB.....	59
CAPÍTULO 5	
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE RESÍDUOS VÍTREOS DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, ESPECTROSCÓPICA E BACTERIOLÓGICA.....	75
CAPÍTULO 6	
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDRO PLANO PARA OBTENÇÃO DE MASSAS CERÂMICAS	103

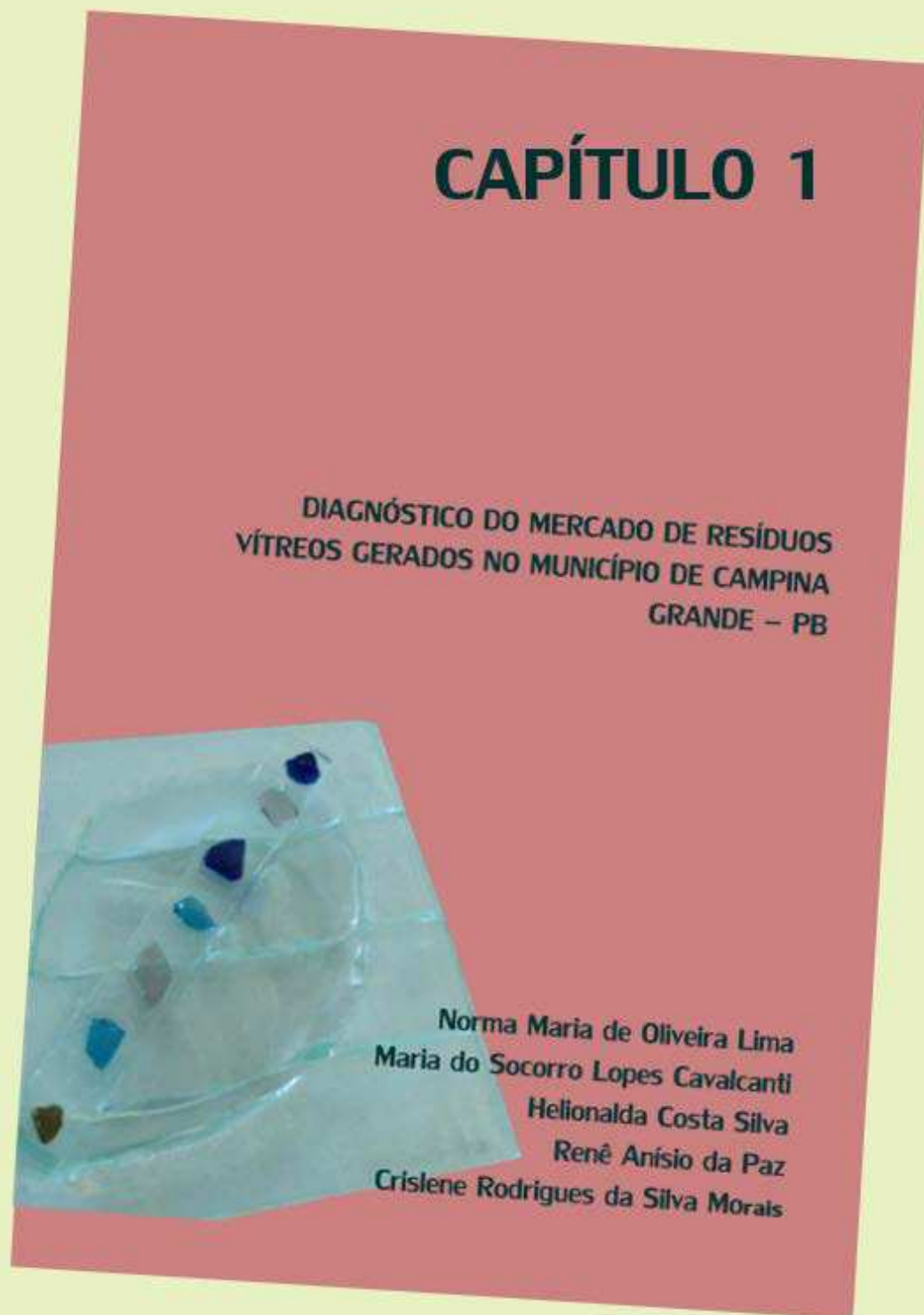
CAPÍTULO 7	
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO VÍTREO EM MISTURAS ASFÁLTICAS.....	123
CAPÍTULO 8	
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO VÍTREO PARA DIMINUIR A	
SUSCEPTIBILIDADE DE MISTURAS ASFÁLTICAS	141
CAPÍTULO 9	
INSTALAÇÃO DE UNIDADE DE BENEFICIAMENTO DE	
MATERIAIS VÍTREOS	157
CAPÍTULO 10	
O DESIGN NA RECICLAGEM DE RESÍDUOS VÍTREOS GERADOS	
NOMUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE - PB.....	179
CAPÍTULO 11	
RECICLAGEM ARTESANAL DE RESÍDUOS VÍTREOS: PROPOSTA DE	
SUSTENTABILIDADE PARA UM GRUPO DE CATADORES	197
CAPÍTULO 12	
DESENVOLVIMENTO DE ARTEFATOS VÍTREOS ATRAVÉS DA	
RECICLAGEM DE LIXO ELETRÔNICO: DESIGN E INCLUSÃO SOCIAL ...	227
SOBRE OS AUTORES.....	245

APRESENTAÇÃO

Esta publicação contempla os resultados de pesquisas sobre o reaproveitamento e reciclagem de vidros, desenvolvidas na Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEMa) do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Cada capítulo é fruto de uma atividade pesquisa ou extensão, desenvolvida por alunos de graduação da UAEMa e de pós-graduação dos programas de Engenharia de Processos (PPGEP) e de Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEMat), ao longo desta década. Informações sobre a quantificação gravimétrica de resíduos vítreos gerados e da logística reversa no município de Campina Grande, bem como o nível de contaminação microbiológica destes resíduos, foram estudadas. Avaliações sobre as potencialidades e viabilidade de reaproveitamento de diferentes tipos de resíduos vítreos como matéria prima fundente para uso em cerâmica branca e grés sanitário ou como filler para asfaltos, foram confirmadas. Experiências de desenvolvimento de tecnologia social, que teve início com a instalação de Unidade de Beneficiamento e Reciclagem de Vidros, e culminância com o desenvolvimento e design de artefatos vítreos com inclusão sócioprodutiva de catadores e catadoras do CAVI, em Campina Grande/PB, estão contempladas aqui.

Acreditamos que este material contribuirá na formação de profissionais que tenham como objetivo o conhecimento do vidro, nos seus mais diversos aspectos.

Crislene Rodrigues da Silva Moraes



1

DIAGNÓSTICO DO MERCADO DE RESÍDUOS VÍTREOS GERADOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE – PB

Norma Maria de Oliveira Lima
Helionalda Costa Silva
Renê Anísio da Paz
Crislene Rodrigues da Silva Morais

RESUMO

O crescimento acelerado das grandes cidades e do consumo de produtos industrializados unidos a falta de incentivo à redução, reutilização e reciclagem, levam ao aumento excessivo do lixo, o que tornou-se um dos maiores problemas da sociedade moderna. Isso é agravado pela escassez de áreas para o destino final do lixo. Os resíduos vítreos – embalagens de vidros – se destacam nos resíduos sólidos, por apresentarem participação no lixo e possuírem características como: não degradabilidade, volumetria elevada (peças inteiras) e alta densidade, o que compromete a vida útil do lixão, e ainda, terem potencial econômico para reutilização e reciclagem. Diante dessa conjuntura, sentimos a necessidade de realizar este trabalho com o objetivo de diagnosticar os resíduos vítreos gerados no município de Campina Grande – PB, com o propósito de buscar alternativas para reutilização e/ou recicla-

gem desses materiais. O método adotado para a realização da pesquisa foi a aplicação de questionários junto aos proprietários de vidraçarias, dono de sucatas e catadores de resíduos de vidros. Os resultados desse diagnóstico já realizado nas vidraçarias mostram que os resíduos de vidros gerados não são reaproveitados ou reutilizados; a maioria das sucatas pesquisadas não comercializa cacos de vidros, as peças são compradas inteiras para envase, já os vidros colhidos pelos catadores são peças inteiras do tipo garrafa de leite de coco, de aguardente e vinho, estas peças são vendidas em unidades para retorno.

Palavras-Chave: Vidros. Resíduos vítreos. Reciclagem.

INTRODUÇÃO

Dentre os resíduos sólidos que são gerados cerca de 3% corresponde ao vidro. Dados do CEMPRE (2004) revelam que o Brasil produz em média 800 mil toneladas de vidro por ano, sendo que desse total 220.000t/ano são recicladas, o que corresponde a 27% do total gerado. O vidro como resíduo sólido é 100% reciclável. Com 1.000 kg de vidro triturado são produzidos 1.000 kg de vidro novo. Uma tonelada de vidro reutilizado economiza cerca de 290 kg de petróleo e 1.200 kg de matéria-prima que seriam gastos em fundição, enquanto na produção do vidro “virgem” são gastos 1.200 kg de matéria-prima para cada 1.000 kg de vidro. A extração da matéria-prima necessária à fabricação de vidro material agride a natureza e o meio ambiente.

Uma definição do vidro dada pela ASTM (2006) diz o seguinte “Um material inorgânico formado pelo processo de fusão, que foi resfriado a uma condição rígida, sem cristali-

zar”. O vidro é uma mistura de areia, barrilha, calcário, feldspato e aditivos que, derretidos acerca de 1.550°C, formam uma massa semi-líquida que dá origem a embalagens ou vidros planos. Boa parte dessas matérias primas é importada ou provém de jazidas em franco esgotamento.

Conforme Armelline et. al., (2004) apesar de não poluente o vidro é produzido por materiais que não agredem o meio ambiente, o mesmo não é biodegradável, ou seja, é um material que não se decompõe, diminuindo assim a vida útil de vários lixões e aterros sanitários já que ocupa um espaço desnecessário. De acordo com o CEMPRE (2004) o Brasil produz, em média, 800 mil toneladas de embalagens de vidro por ano. E dessas, cerca de 30% são produzidas a partir de sucata de vidro (cacos).

A reciclagem do vidro consiste em utilizar vidros que já foram descartados como fonte de manufatura de novos materiais. Esses sistemas de tratamento de lixo contribuem para preservar os recursos naturais e diminuir a poluição, e é uma característica que merece atenção especial, pois apresenta um ciclo infinito beneficiando o meio ambiente e contribuindo para redução dos custos de produção das indústrias (ROCHA et. al., 2004).

Com a reciclagem do vidro temos a preservação do meio ambiente, pois embalagens de vidro podem ser totalmente reaproveitadas no ciclo produtivo, sem nenhuma perda de material. Como isso a reciclagem preserva a natureza reduzindo a captação de novas matérias-primas.

A produção a partir do próprio vidro também consome menor quantidade de energia e emite menor quantidade de CO₂, o que também contribui para a preservação do meio

ambiente. Outro aspecto é o menor descarte de lixo, reduzindo os custos de coleta urbana, e aumentando a vida útil dos aterros sanitários.

Estas características são únicas do vidro que, além das suas vantagens como material, acrescenta a elas o benefício de sua própria reciclagem.

Tudo isso considerado, é possível dizer que o vidro é o material de embalagem mais amigo do homem. E se toda a população se conscientizasse dos benefícios da reciclagem, seria possível reaproveitar integralmente as embalagens com enormes benefícios ecológicos, econômicos e sociais.

Essa situação tem estimulado muitas pesquisas sobre a reutilização e reciclagem de vidros. Baldo e Silva (2002), Morelli e Baldo (2003), Morelli e Baldo (2004) e Assis (2006), possibilitando o desenvolvimento dessa pesquisa a fim de obter informações e coletar dados referentes aos resíduos vítreos gerados no município de Campina Grande-PB, mais especificamente quanto as suas características e composição, destacando-se pela importância referente aos aspectos econômico, sanitário e social. Do ponto de vista da reciclagem os dados coletados forneceram as quantidades de material vítreo que pode ser separado de cada resíduo, permitindo verificar a viabilidade econômica do processo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização da pesquisa, inicialmente foi realizado um mapeamento da cidade de Campina Grande-PB, para identificar a quantidade de bairros e saber a localização das vidraçarias e sucatas existentes no município.

Em seguida foram aplicados questionários com objetivo de diagnosticar a demanda do material vítreo gerada no município. Nos mesmos foram feitas arguições específicas para cada setor (vidraçarias, sucatas e catadores de resíduos sólidos), com a finalidade de identificar o destino final dos resíduos vítreos gerados de cada local.

O diagnóstico foi realizado em 90% das vidraçarias e 90% das sucatas existentes no município de Campina Grande-PB, quanto aos catadores à pesquisa foi feita aleatória com cerca de 30% dos catadores de resíduos do lixão.

RESULTADOS

VIDRAÇARIAS

De acordo com os resultados dos questionários aplicados nas 12 vidraçarias de Campina Grande-PB, observou-se que, cerca de 10-20% do vidro que é comercializado nas vidraçarias é perdido durante o manuseio, e essa quantidade é descartada sem receber nenhum tipo de beneficiamento ou aproveitamento, tendo como destino final o lixão, podendo ser reaproveitado em peças de artesanato para decoração como apresentado na Figura 1.

Foi constatado também que os vidros comercializados pelas vidraçarias são comprados a representantes e não é encontrado nenhum tipo de defeito visível nos mesmos.

Os acidentes de trabalho que ocorrem com mais frequência nestes estabelecimentos são cortes e arranhões.

FIGURA 1 – PEÇA ARTESANAL FEITA COM CORTES DE VIDROS PLANOS



Fonte: Pesquisa Direta, 2004.

Os proprietários de vidraçarias afirmam que seus funcionários usam os EPI's durante o manuseio com o vidro, mas foram observados em algumas visitas trabalhadores sem quaisquer tipos de proteção.

SUCATAS

Foram pesquisadas 40 (quarenta) sucatas que comercializam materiais recicláveis existentes no município de Campina Grande/PB, todas elas estão situadas em locais de fácil acesso, o que facilita o carregamento e descarregamento dos resíduos sólidos.

Os bairros de periferia em que o poder aquisitivo é baixo são os que apresentam a maior quantidade de sucatas.

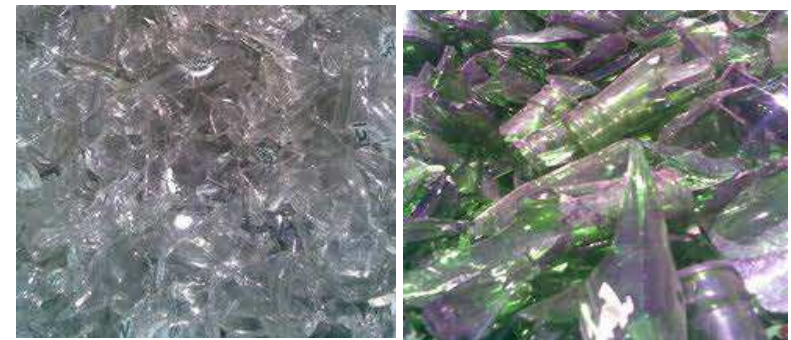
Desse universo, 100% comercializam as peças inteiras que terão como destino a retornabilidade. Entretanto, apenas 10% desse total de sucatas compra e vende o caco de vidro.

De acordo com os proprietários dos referidos estabelecimentos é inviável a compra do caco, já que as indústrias vidreiras se localizam em outro estado, o que torna difícil o transporte, encarecendo assim o frete. A Figura 2 ilustra as formas como os resíduos vítreos se apresentam.

CATADORES

Todos os catadores envolvidos na pesquisa são trabalhadores do lixão. Os resíduos que ali chegam têm como procedência: domicílios, lojas, bares, restaurantes, indústrias, clínicas e hospitais.

FIGURA 2 – (A) CACOS DE VIDROS E (B) PEÇAS DE VIDROS INTEIRAS



(a)

(b)

Fonte: Pesquisa Direta, 2004.

Os catadores apontam que o desemprego é o principal fator para a busca de uma ocupação no lixo. Entretanto, a necessidade de ajudar em casa, complementando a renda dos familiares é um motivo que mereceu destaque entre aqueles que começaram a trabalhar ainda criança, levados pelos pais.

A maioria dos catadores costuma recorrer a algum tipo de equipamento de proteção. As luvas, os bonés e os calçados fechados foram os que receberam maior destaque, pois cerca de 95% os usam. Foi observado que improvisam algum tipo de proteção para as pernas e braços, conforme apresenta a Figura 3.

- Os acidentes de trabalho que ocorrem com maior frequência e que foi mencionado por todos são *arranhões e pequenos cortes*.
- Os materiais recicláveis catados são recolhidos em sacolas grandes chamadas de “bag”, e vendidos às cooperativas e/ou atravessadores.
- Os catadores apontam o plástico como material que mais recolhem, seguido do papel/papelão e metal. Eles são catados e vendidos por quilo, enquanto que o material vítreo catado são peças inteiras do tipo garrafas de leite de coco, aguardente e vinho. Nestes materiais não são efetuados nenhum procedimento de limpeza antes da venda.

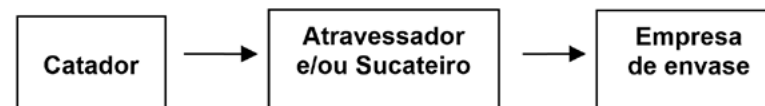
FIGURA 3 – CATADORES DO LIXÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE/PB



Fonte: Pesquisa Direta, 2004.

Sendo assim, o processo de aquisição de materiais vítreos recicláveis pode ser visualizado na Figura 4.

FIGURA 4 - PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE RESÍDUOS VÍTREOS



Fonte: Pesquisa Direta, 2004.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que:

- A cidade de Campina Grande-PB não dispõe de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos e a disposição final de 100% desses materiais é feita a céu aberto, sem nenhum tratamento, no lixão localizado no bairro do Serrotão;
- Todo vidro catado no lixão são peças inteiras vendidas por unidade a sucatas e atravessadores;
- A maioria dos resíduos de vidros gerados nas vidraçarias não tem nenhum reaproveitamento, sendo seu destino final o lixão;
- Dentre as 40 sucatas que compram e vendem vidros no município de Campina Grande-PB, todas comercializam este material visando o retorno às empresas de envasamento;
- Do total sucatas visitadas, apenas 10% é de compra e venda do caco de vidro, e esse material é destinado as empresas de reciclagem.

Como foram observados muitos são os benefícios gerados com a reciclagem do vidro, envolvendo a sociedade nas esferas econômica, ambiental e social.

REFERÊNCIAS

ABIVIDROS – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automotivas de Vidro. Boletim Informativo, 2003.

ARMELLINE, C.; FERNANDES, D. Utilização da sucata de vidro Para Preparação de Novos Produtos. In: 48º congresso brasileiro de materiais. Anais. Curitiba-PR, 2004.

ASSIS, O.B.G. O uso de vidro reciclado na confecção de membranas para microfiltração. Cerâmica Industrial. São Paulo. Br. v.11, n.53, p.105-113, 2006.

ASTM (American Society for the Testing of Materials). Disponível em: <http://www.astm.org/cgi-bin> acesso em 03 de maio de 2006.

BALDO, J.E.R.; SILVA, Jr.; MARTINS, A. Desenvolvimento de argamassa para revestimento utilizando resíduo industrial, Anais do 46º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Anais, 2002.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM, CEMPRE, (2004). Pesquisa Ciclosoft 2004. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ciclosoft> 2004.php acesso em 18 de julho de 2006.7. LIMA, J.D. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. Editado por: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Seção – Paraíba. 1ª edição 2005.

Aplicaciones – Buenos Aires, Editorial Américalee, 1ª edição, 1982.


MORELLI, A.C.,BALDO, J.B. , Barbotinas Cerâmicas Contendo Rejeito de Vidros Soda Cal para Maturação em Baixa Temperatura. Cerâmica Industrial São Paulo. Br. v.8, n.3, p.42-46, 2003.

MORELLI, A.C., BALDO, J.B. Um Novo Defloculante para Barbotinas do Triaxial .Cerâmica industrial. São Paulo. BR, v.9, n.3, p.30-34, 2004.

ROCHA, S. P. B.; ESTIVAL, K.; SILVA, G. G. A. Aspectos logísticos ambientais na aquisição de insumo reciclável de uma indústria de reciclagem de vidro. Universidade Federal de Pernambuco/UFPE.

CAPÍTULO 2

**QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS VÍTREOS
GERADOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA
GRANDE - PB**



Norma Maria de Oliveira Lima
Crislene Rodrigues da Silva Moraes
Maria do Socorro Lopes Cavalcanti
Helionalda Costa Silva

2

QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS VÍTREOS GERADOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE - PB

Norma Maria de Oliveira Lima
Crislene Rodrigues da Silva Morais
Maria do Socorro Lopes Cavalcanti
Helionalda Costa Silva

RESUMO

A questão dos resíduos sólidos tem a cada dia apresentado um motivo de preocupação para sociedade brasileira e um desafio para os gestores e estudiosos do assunto. A reciclagem do vidro é uma alternativa que consiste em utilizar vidros que já foram descartados, como fonte de manufatura de novos materiais. O tratamento dado a esse tipo de resíduo contribuirá com a preservação dos recursos naturais e diminuição da poluição ambiental. No entanto, poderá acarretar custos de coleta, triagem e transporte dos mesmos. Este trabalho apresenta uma avaliação da quantificação dos resíduos vítreos gerados no município de Campina Grande -PB. Para coleta de dados, foi realizada uma pesquisa de campo utilizando como instrumento, um questionário aplicado junto às vidraçarias, sucatas e catadores de resíduos vítreos do município, com o propósito de buscar alternativas tecnológicas e ambientais, para reutilização e/ou reciclagem desses materiais.

Palavras-Chave: Resíduos sólidos. Geração. Reciclagem. Quantificação.

INTRODUÇÃO

As relações entre o homem, as cidades e o meio ambiente sempre sofreram transformações e nunca foram iguais. A formação das cidades gerou um ambiente propício para o progresso cultural e tecnológico, ampliando o domínio do homem sobre a natureza. Daí veio os consumos dos mais variados produtos, e quanto mais se consome, mais resíduos se produz (MATOS, 2004).

Os problemas resultantes da geração de resíduos prejudicam todas as espécies, inclusive a própria espécie humana, única responsável pela existência deste tipo de substância na terra. As cidades enfrentam grandes problemas quando se trata da localização e implantação de áreas específicas para disposição dos resíduos sólidos dentro dos limites urbanos. O município de Campina Grande-PB, com uma população estimada de 376.132 habitantes, não difere dos demais, passa pelos mesmos problemas. A cidade não dispõe de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos em sua totalidade, e a disposição final desses materiais era feita a céu aberto, sem nenhum tratamento (Figura 1), atualmente estes resíduos são encaminhados ao Aterro de Puxinanã/PB.

A vida útil estimada desse lixão era de 10 anos. Esta não é uma maneira adequada de se dispor o lixo, que são mantidos em grandes áreas, normalmente afastados dos centros urbanos. Essas áreas são completamente tomadas por toda tipos de resíduos vindos dos mais diversos locais. Nos lixões, dezenas de pessoas disputam restos que possam ser reaproveitados, garantindo o mínimo necessário à sobrevivência. Adultos crianças e animais domésticos misturam-se aos objetos, criando um ambiente favorável à disseminação de doenças (Figura 2).

FIGURA 1 – VISÃO PANORÂMICA DO ANTIGO LIXÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE/PB



Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

FIGURA 2 – LIXÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE/PB.



Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

Dentre os materiais presentes na massa de lixo urbano, os resíduos vítreos, representam em média 3% dos resíduos sólidos (CEMPRE, 2006), com agravante de ser um material que não se decompõe, ficando presente no meio ambiente por tempo indeterminado, comprometendo a vida útil dos lixões ou aterros sanitários em função de uma ocupação volumétrica muito elevada.

O vidro é produzido por matérias-primas naturais adquiridas de recursos naturais não renováveis. Diante dessa problemática, esse trabalho é justificado pela possibilidade de gerar dados e informações referentes aos resíduos vítreos, mais especificamente quanto as suas características e composição percentuais, presentes nos resíduos sólidos do município de Campina Grande-PB, os quais fornecerão subsídios para a reciclagem e/ou outras alternativas que sejam importantes sob os aspectos econômico, ambiental e social.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área objeto de estudo foi o município de Campina Grande-PB. O levantamento de dados para a avaliação da quantificação dos resíduos vítreos foi feito através da aplicação de questionários junto aos entrevistados 12 (doze) proprietários de vidraçarias, 35 (trinta e cinco) donos de sucatas e 201 (duzentos e um) catadores de resíduos sólidos, sendo 74 (setenta e quatro) catadores do lixão e 137 (cento e trinta e sete) catadores do centro/bairros da cidade. A pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2006 e após a aplicação dos questionários, os resultados obtidos foram tabulados; analisados através da realização do tratamento estatístico dos dados tais como: médias e desvio-padrão; para em se-

guida serem interpretados e discutidos. A pesquisa foi desenvolvida através de duas etapas distintas:

1. Caracterização e mapeamento da área de estudo
2. Aplicação dos questionários
3. Preparação da amostra da coleta convencional e quantificação dos resíduos vítreos.

1) CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Campina Grande é o segundo município da Paraíba em população e exerce grande influência política e econômica sobre aproximadamente 42,5% do território estadual, abrangendo 57 municípios paraibanos (23.960 km² e 1 milhão de habitantes).

Este conjunto é denominado de Compartimento da Borborema, sendo constituído de 5 microrregiões conhecidas como Agreste da Borborema, Brejo Paraibano, Cariris Velhos, Seridó Paraibano e Curimataú. “Suas coordenadas geográficas são: 7°13’50 de latitude Sul e estado da Paraíba, na mesorregião do Agreste Paraibano, no Planalto da Serra da Borborema 35°52’52 de longitude Oeste”, tendo uma altitude média de 551m em relação ao nível do mar (PMCG).

A Tabela 1 apresenta a divisão do município feita em regiões com base em critérios de proximidade geográfica, com 50 (cinquenta) bairros da cidade de Campina Grande-PB.

2) APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

Foi realizada uma pesquisa de campo, utilizando como instrumento questionários aplicados com o objetivo de diagnosticar a demanda dos materiais vítreos gerados no muni-

cípio. As questões abordadas foram relacionadas ao destino final desse tipo de material, pelos proprietários de vidraças, de sucatas e pelos catadores de resíduos vítreos.

TABELA 1 - DIVISÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB EM REGIÕES

REGIÕES	BAIROS
Região I	Monte Castelo, Nova Brasília, José Pinheiro.
Região II	Bairro das Nações, Alto Branco, Lauritzen, Santo Antonio, Castelo Branco, Jardim Tavares.
Região III	Cuités, Araxá, Jeremias, Palmeira, Louzeiro, Conceição, Jardim Continental.
Região IV	Monte Santo, Bela Vista, Bairro Universitário, Pedregal.
Região V	Ramadinha I e II, Serrotão, Bodocongó, Novo Bodocongó.
Região VI	Malvinas.
Região VII	Liberdade, Santa Rosa, Quarenta, Dinamérica, Centenário.
Região VIII	Jardim Paulistano, Cruzeiro, Santa Rosa.
Região IX	Distrito Industrial, Velame, Presidente Médice.
Região X	Acácio Figueiredo, Bairro das Cidades, Três Irmãs.
Região XI	Catolé, Sandra Cavalcante, Itararé, Estação Velha, Tambor.
Região XII	Centro, Prata, São José.
Região XIII	Santa Terezinha, Mirante, Vila Cabral.

Fonte: Cartilha do orçamento Participativo (2006).

3) PREPARAÇÃO DA AMOSTRA DA COLETA CONVENCIONAL E ESTUDO GRAVIMÉTRICO

Considerando a expectativa de geração elevada de resíduos sólidos, foi adotado o procedimento para a caracterização de amostra significativa, de acordo com a ABNT (NBR 10.1007, 2004). Para tanto, foi aplicado o processo de “quarteamento”, o qual consistiu em dividir uma amostra pré-homogeneizada em quatro partes iguais, descartando-se duas

delas, as quais devem ser diametralmente opostas, repetindo-se o processo com as duas partes descartadas até se obter o volume ou massa da amostra representativa desejada.

A massa adotada para realização da pesquisa foi de aproximadamente, 200 kg, obtida após o quarteamento, conforme o procedimento para a preparação da amostra descrita a seguir:

1. Definição e preparação do local de amostragem – Consistiu em escolher um local dentro da área de disposição (lixão), plano e isolado, onde os resíduos foram despejados pelo caminhão coletor formando um monte, que foi identificado e registrado quanto ao local de origem e data. Para fins de amostragem foram utilizados resíduos de 03 (três) bairros, que representam: Bairro I – classe baixa; Bairro II - classe média e Bairro III – classe alta.
2. Em três setores diferentes (topo, meio e base) do monte de resíduos foram retiradas quantidades aproximadamente iguais de lixo até se obter cerca de 400 kg, as quais foram dispostas em formas de 4 (quatro) montes de 100kg, aproximadamente. Sobre uma lona plástica com dimensões de 8m x 10m. A massa foi pesada em uma balança de marca FILIZOLA;
3. Os quatro montes de 100 kg foram agrupados em dois montes de 200 kg;
4. Em cada monte de 200 kg procedeu-se o quarteamento, resultando em duas partes descartadas e duas partes reservadas de 100 kg, cada;
5. As duas partes de 100 kg foram reagrupadas;
6. A amostra resultante foi submetida à caracterização física por meio da separação e pesagem da massa

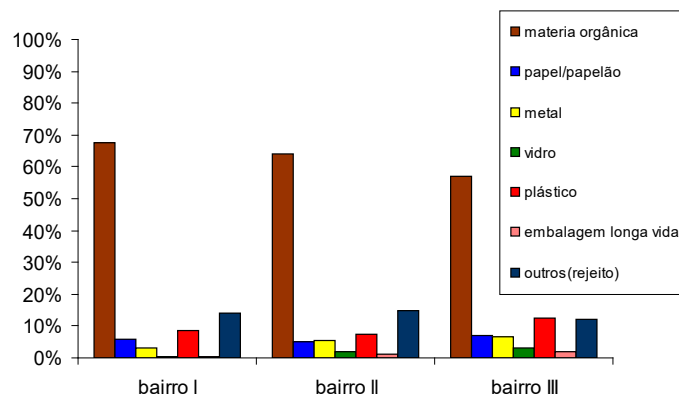
dos resíduos sólidos domiciliares (papel/papelão, metal, vidro, plásticos, embalagens longa vida, rejeito e matéria orgânica), utilizando-se a mesma balança citada anteriormente, no item 2.

RESULTADOS

O estudo gravimétrico dos resíduos sólidos domiciliares do município de Campina Grande-PB foi realizado no segundo semestre do ano de 2006 no lixão, com os resíduos sólidos provenientes de 03 (três) bairros, foram feitas as anotações em formulários.

Observando a Figura 3, verifica-se que a maior fração que constitui os resíduos sólidos gerados, é composta por matéria orgânica, apresentando um menor percentual que é de 57 %, no Bairro III, que representa a classe alta, e um maior percentual em torno de 67%, no Bairro I, que representa a classe baixa.

FIGURA 3 - COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE - PB, DISTRIBUÍDA POR BAIROS

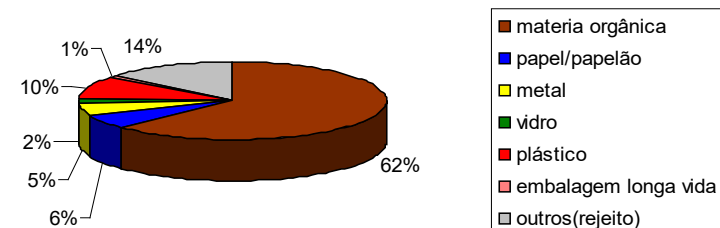


Fonte: Elaborado pelo Autor, 2006.

Quanto aos materiais que são considerados recicláveis (papéis, plásticos, vidros e metais), ocorreu o inverso, o Bairro III apresentou o maior percentual (29%), enquanto que o Bairro I apresentou um percentual de apenas 18%. Para ambos, os componentes que estão em maiores quantidades são plásticos e papel/papelão, já os metais e vidros apresentam menores percentuais.

A composição média dos resíduos sólidos domiciliares de Campina Grande-PB está representada na Figura 4. Observa-se que a fração mais representativa em termos quantitativos é da matéria orgânica, com um percentual médio de 62%, isso demonstra o grande desperdício de materiais com potencialidade na produção de adubos. Tal desperdício está associado ao poder aquisitivo e as questões culturais da população brasileira.

FIGURA 4 - COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE CAMPINA GRANDE - PB



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2006.

Os materiais recicláveis representam aproximadamente 23%, com maior presença de plástico com 10%, seguindo de papel/papelão com 6%, tendo como menores percentuais os metais e vidros que apresentam respectivamente 5% e 2%.

Da quantidade de resíduos vítreos que chegam ao lixão cerca de 50% é comercializado pelas empresas de envase, e o restante fica amontoado sem nenhum tipo de aproveitamento. Estes materiais podem ser reciclados, contribuindo assim para preservação do meio ambiente e gerando renda para os catadores.

Os demais materiais (madeiras, trapos, couros, ossos, borracha e solos) representam 14% dos resíduos domiciliares, sendo entulhos e similares, o principal componente do montante, seguidos pelos trapos. Nessa categoria encontram-se principalmente tecidos em geral, tais como pedaços de roupas e lençóis. Foi também verificada a quantidade diária de vidros que fica depositada no lixão após a catação (Tabela 2).

TABELA 2 - QUANTIDADE DE VIDROS QUE FICAM AMONTOADOS NO LIXÃO.

ROTEIROS	PESO TOTAL (KG)	PESO DO VIDRO (KG)	%
C1	8.980	55	0,61
C2	9.230	83	0,90
C3	8.720	60	0,68
C4	7.970	72	0,90
C5	7.080	84	1,19
C6	8.120	105	1,29
C7	9.110	110	1,21
C8	8.880	78	0,88
C9	7.230	65	0,90
C10	8.540	118	1,38
C11	8.970	42	0,47
C12	9.520	68	0,71
C13	9.120	75	0,82
C14	9.890	123	1,24
C15	9.760	98	1,00
Total	131.120	1.236	14,18
Média	8.741	82	0,94

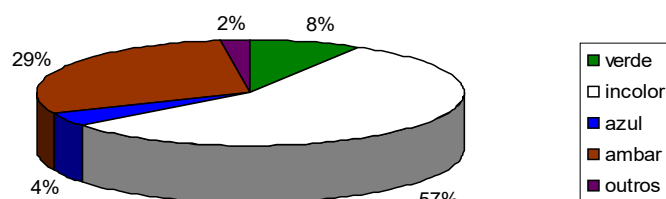
Para cada carga de lixo, utilizou-se a simbologia **C**, seguida de um número, em que **C** significa carga pesquisada dos vidros que não são comercializados (garrafas inteiras que não têm retornabilidade e cacos). Analisando a tabela, constata-se que diariamente é acumulada a céu aberto cerca de 1% de vidro da carga total que chega ao lixão, gerando um enorme impacto ambiental, uma vez que ocupa um espaço físico desnecessário e deixa de ser utilizada para obtenção de novos produtos.

Para cada carga de lixo, utilizou-se a simbologia **C**, seguida de um número, em que **C** significa carga pesquisada dos vidros que não são comercializados (garrafas inteiras que não têm retornabilidade e cacos). Analisando a tabela, constata-se que diariamente é acumulada a céu aberto cerca de 1% de vidro da carga total que chega ao lixão, gerando um enorme impacto ambiental, uma vez que ocupa um espaço físico desnecessário e deixa de ser utilizada para obtenção de novos produtos.

Foram também identificadas as cores dos vidros que são descartados no lixão. A Figura 5 apresenta que 57% dos resíduos vítreos recicláveis são incolores; já 29% são de coloração âmbar e o restante 14% apresenta outras colorações (verde, azul, entre outras).

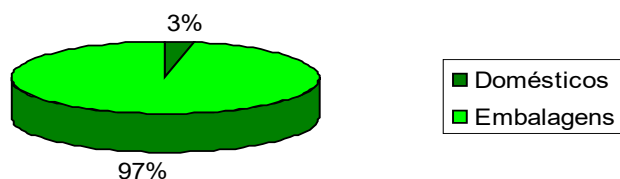
Quanto aos tipos de vidros que são descartados no lixão e que não são retirados na catação, **pode-se observar na Figura 6**, que 97% são de embalagens considerados recicláveis do tipo garrafas de bebidas, frascos em geral e potes de produtos alimentícios, e 3% são vidros domésticos, conforme classificação dos vidros.

FIGURA 5 - PORCENTAGEM DAS CORES DE VIDROS ENCONTRADOS NO LIXÃO



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2006.

FIGURA 6 - PORCENTAGEM DOS TIPOS DE VIDROS ENCONTRADOS NO LIXÃO



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2006.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados dos questionários aplicados junto às vidraçarias, sucatas e catadores de resíduos vítreos do município e do quarteamento feito com os resíduos provenientes dos bairros I, II e III observou-se que:

- Entre 10 a 20% do vidro que é comercializado nas vidraçarias é perdido durante o manuseio e essa quantidade é descartada sem receber nenhum tipo de beneficiamento ou aproveitamento, tendo como destino final o lixão, podendo ser reaproveitado ou reciclado;
- Que 100% das sucatas comercializam as peças inteiras que terão como destino a retornabilidade, entretan-

to, apenas 10% desse total de sucatas compra e vende o caco de vidro;

- Os resíduos vítreos que chegam ao lixão têm como procedência: domicílios, lojas, bares, restaurantes, indústrias, clínicas e hospitais.

A população de catadores do município coleta todos os resíduos sólidos recicláveis. O vidro que é catado são peças inteiras para reaproveitamento nas empresas de envase, uma vez que no estado da Paraíba não existe nenhuma indústria que recicle vidros inviabilizando assim a catação de cacos.

O município de Campina Grande-PB, não apresenta nenhum tipo de gerenciamento de resíduos sólidos. O vidro não é reciclado, sendo apenas reaproveitado através da reutilização, comercializando-se na forma de peças inteiras, desprezando-se os cacos. Com isso, estima-se que cerca de 80 toneladas de vidro por mês, seriam jogadas diretamente no lixão, podendo ser recicladas, evitando assim a contaminação e poluição do meio ambiente, além de gerar emprego e renda para os catadores. Recomenda-se a implantação de um programa de gestão de resíduos vítreos no município, visando à reciclagem desses materiais que são desperdiçados, uma vez que, pesquisas realizadas recentemente, apontam para uma série de possibilidades para o uso ou incorporação de cacos de vidro em produtos de cunho tecnológico ou em processos de engenharia avançada, tais como: na formulação de massas cerâmicas industriais; na vitrificação de azulejos, pisos e telhas; vidros moídos podem ser empregados como abrasivos de uso industrial, em substituição ao jato de areia.

REFERÊNCIAS

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Seção Paraíba. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2004). NBR 10007: Amostragem de Resíduos Sólidos – Rio de Janeiro.

CEMPRE, Compromisso Empresarial para a Reciclagem, 2003.

LIMA, J. D. Sistema Integrados de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos. Editado por: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Seção, João Pessoa/Paraíba. 2005.

MATOS, T. F. L. Diagnóstico dos Resíduos Poliméricos Presentes nos Resíduos Sólidos Domiciliares Gerados em São Carlos, SP. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo-USP, São Carlos, 2006.

OLIVEIRA, N. M. S. Diagnóstico e classificação dos resíduos gerados no município de Campina Grande – PB 2007. 131f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, 2007.

O VIDRO E SUAS PROPRIEDADES. Disponível em: <<http://www.salveplaneta.com.br>>. Acesso em: 17 de Abril de 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE – PMCG. Disponível em <<http://www.seplam.pmcg.pb.gov.br/>>. Acesso em 16/07/2006.

CAPÍTULO 3

ESTUDO GRAVIMÉTRICO DE RESÍDUOS VÍTREOS DOMÉSTICOS DO LIXÃO DE CAMPINA GRANDE – PB



Norma Maria de Oliveira Lima
Crislene Rodrigues S. Morais
Helionalda Costa Silva

3

ESTUDO GRAVIMÉTRICO DE RESÍDUOS VÍTREOS DOMÉSTICOS DO LIXÃO DE CAMPINA GRANDE – PB

Norma Maria de Oliveira Lima
Crislene Rodrigues S. Morais
Helionalda Costa Silva
Maria do Socorro Lopes Cavalcanti
Luciana Figueiredo Lopes Lucena

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo gravimétrico dos resíduos vítreos gerados no lixão do município de Campina Grande – PB, com o objetivo de quantificar e qualificar o tipo de vidro presente. Para a realização da pesquisa foi utilizado processo de quarteamento dos resíduos sólidos oriundos dos bairros da cidade e que chegam ao lixão através de caminhões de coleta. Os materiais encontrados foram separados em vidros, papel/papelão, metal, plásticos, matéria-orgânica e outros. Após a separação por classe, as amostras foram pesadas individualmente e os resultados expressos em porcentagem. Os dados obtidos revelaram que a maioria dos resíduos vítreos que chega ao lixão é do tipo garrafas de bebidas, frascos em geral e potes de produtos alimentícios, gerando um enorme prejuízo para o meio ambiente, já que esses materiais não são biodegradáveis, sendo 100% recicláveis, podendo ser reaproveitados

diminuindo a quantidade volumétrica do lixo que comprometem a vida útil dos lixões.

Palavras-Chave: Reciclagem, resíduos vítreos, estudo gravimétrico.

INTRODUÇÃO

A cada dia que passa, um número maior de pessoas se preocupam com a importância de se reciclar e reutilizar as matérias primas da natureza, uma vez que o ponto de partida para extração dessas matérias é o nosso Planeta Terra.

Por sua quantidade crescente e pelo perigo de intoxicação, o acúmulo de lixo representa hoje, uma grave ameaça para a saúde humana e para o meio ambiente, tanto nos países industrializados – onde é crescente a utilização de produtos descartáveis – como nos países em desenvolvimento, que não dispõem de recursos tecnológicos para o tratamento adequado dos resíduos. Os dejetos acumulados em depósitos contaminam o solo e a água e constituem focos de doenças. Além disso, sua incineração pode gerar gases que poluem a atmosfera.

A taxa de crescimento populacional gira em torno de 2% ao ano, enquanto que a taxa de acúmulo de lixo chega a ser 20 vezes maior. Hoje a geração média de resíduos *per capita*, ou seja, kg/habitante/dia, no Brasil, é de 500 a 700g, em áreas mais “desenvolvidas” pode chegar a 1,6 kg por pessoa (RECICLOTECA, 2006).

Pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000), constatou que a população brasileira, que corresponde a aproximadamente 170 milhões de

habitantes, produz diariamente cerca de 130 mil toneladas de resíduos sólidos. Quanto à destinação final o mesmo estudo identificou que 63,6% dos municípios brasileiros depositam seus resíduos sólidos em “lixões”, 18,4% dispõem tais resíduos em aterros controlados e que apenas 13,8% utilizam aterros sanitários.

A destinação final de resíduos sólidos é, portanto, um problema que a maioria dos municípios brasileiros enfrenta sem a adequada solução, a cidade de Campina Grande-PB, está incluída nesse percentual, pois todos os resíduos sólidos urbanos recolhidos têm como destino final um único lixão, localizado a céu aberto, no bairro do Serrotão.

O lixo pode ser classificado de acordo com vários critérios, dentre os quais pode-se destacar:

1. Quanto à origem (fonte geradora): domiciliar (residências); comercial; público (varrição das vias públicas, limpeza de praias, galerias, córregos, restos de podas de plantas, limpeza de feiras livres, etc.); industrial; hospitalar ou de serviços de saúde; agrícola; portos, aeroportos e terminais rodoviários ou ferroviários e entulhos (construção civil);
2. Quanto à sua composição química: Orgânico (ou biodegradável) - restos de alimentos, cascas de frutas, de legumes e de ovos, podas de jardim, excremento de animais, entre outros; e Inorgânico - recicláveis e não recicláveis (GOMES, 2001).

O conhecimento dos tipos de resíduos consiste em uma caracterização de como, onde e qual lixo é produzido nas diversas áreas de uma determinada cidade, influenciando

na forma como os resíduos serão reutilizados, tratados e dispostos (TAVARES, 2006).

Dentre os resíduos sólidos que são coletados, estima que cerca de 3% corresponde ao vidro (CEMPRE, 2006). O Brasil produz em média 800 mil toneladas de vidro por ano, sendo que desse total 220.000 t/ano são recicladas, o que corresponde a 27,6% do total gerado, este índice de reciclagem de vidro tem crescido a cada ano, no ano de 2005, o percentual chegou a alcançar 45% (ABIVIDROS, 2006).

Hoje o vidro está muito presente em nossa civilização e pode ser moldado de qualquer maneira: nos para-brisas e janelas dos automóveis, lâmpadas, garrafas, compotas, garrafões, frascos, recipientes, copos, janelas, lentes, tela de televisores e monitores, fibra ótica e etc.

Os materiais vítreos apresentam características consideradas muito importantes, do ponto de vista tecnológico e da sua aplicabilidade, tais como: retornabilidade (uso do vidro para o mesmo fim várias vezes); reutilização (uso da embalagem de maneiras diferentes para as quais foi fabricada); total reciclabilidade (sem perda de volume ou de propriedades do material); é inerte, impermeável e não deixa sabor nem gosto no conteúdo.

O vidro é um material completamente reciclável e a sua reciclagem, além de provocar benefícios de ordem econômica e social é uma atividade geradora de renda para a população, através da venda do material beneficiado para as indústrias vidreiras ou de sua produção artesanal, também pode gerar benefícios ambientais em caráter local e global (GODINHO; HOLANDA; SILVA, 2005).

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida através de duas etapas distintas: 1) Mapeamento e Quantificação dos Resíduos Sólidos e 2) Preparação da Amostra da Coleta Convencional.

1) MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A pesquisa nesta etapa teve como propósito quantificar a participação percentual e mássica dos resíduos sólidos vítreos, pós-consumo, do município de Campina Grande-PB, gerado e coletado, na área urbana. Para tanto, foram feitos registros dos dias e horários da coleta de lixo nos bairros e distritos da cidade, sendo as massas dos referidos resíduos, utilizadas na caracterização.

2) PREPARAÇÃO DA AMOSTRA DA COLETA CONVENCIONAL E ESTUDO GRAVIMÉTRICO

Considerando a expectativa de geração elevada de resíduos sólidos domiciliares, foi adotado o procedimento para a caracterização de amostra significativa, de acordo com a ABNT (NBR 10.1007, 2004). Para tanto, foi aplicado o processo de “quarteamento”, o qual consistiu em dividir uma amostra pré-homogeneizada em quatro partes iguais, descartando-se duas delas, as quais devem ser diametralmente opostas, repetindo-se o processo com as duas partes descartadas até se obter o volume ou massa da amostra representativa desejada. A Figura 1 apresenta o local onde foi realizada a coleta.

FIGURA 1 - O LIXÃO DO SERROTÃO, LOCAL ONDE FOI REALIZADA A COLETA



Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

A massa adotada para realização da pesquisa foi de aproximadamente, 200 kg, obtida após o quarteamento, conforme o procedimento para a preparação da amostra descrita a seguir:

- a) Definição e preparação do local de amostragem – Consistiu em escolher um local dentro da área de disposição (lixão), plano e isolado, onde os resíduos foram despejados pelo caminhão coletor formando um monte, que foi identificado e registrado quanto ao local de origem e data. Para fins de amostragem foram utilizados resíduos de 03 (três) bairros, que representam: Bairro I – classe baixa; Bairro II - classe média e Bairro III – classe alta.
- b) Em três setores diferentes (topo, meio e base) do monte de resíduos foram retiradas quantidades aproximadamente iguais de lixo até se obter cerca de 400 kg, as quais foram dispostas em formas de 4 (quatro) montes

de 100kg, aproximadamente. Sobre uma lona plástica com dimensões de 8m x 10m. A massa foi pesada em uma balança de marca FILIZOLA;

- c) Os quatro montes de 100 kg foram agrupados em dois montes de 200 kg;
- d) Em cada monte de 200 kg procedeu-se o quarteamento, resultando em duas partes descartadas e duas partes reservadas de 100 kg, cada;
- e) As duas partes de 100 kg foram reagrupadas;
- f) A amostra resultante foi submetida à caracterização física por meio da separação e pesagem da massa dos resíduos sólidos domiciliares (papel/papelão, metal, vidro, plásticos, embalagens longa vida, rejeito e matéria orgânica), utilizando-se a mesma balança citada anteriormente, no item 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1) MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A estrutura logística da coleta convencional de Campina Grande-PB compreende vinte três setores, os quais são compostos por um conjunto de bairros. A distribuição dos bairros por setor, a frequência e turno de coleta estão descritos na Tabela 1. Foi feito o registro dos dias e horários da coleta de lixo nos bairros da cidade e os distritos cuja massa será utilizada na caracterização. Podemos observar que temos coletas todos os dias em alguns bairros e em dias alternados que são divididos em pares (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira) e em ímpares (terça-feira, quinta-feira e sábado).

TABELA 1 – ÁREAS ATENDIDAS PELOS ROTEIROS DO SISTEMA DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES E COMERCIAIS DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB, SEGUNDO O HORÁRIO E A FREQUÊNCIA EM CADA BAIRRO.

ROTEIROS	ÁREAS ATENDIDAS
HORÁRIO DIURNO E FREQUÊNCIA ALTERNADA – ROTEIROS PARES	
02P	Monte Castelo, Nova Brasília, Santo Antônio, Castelo Branco, Conj. Jardim América, Conj. Jardim Europa, Marinho (só nas quartas-feiras)
04P	José Pinheiro
06P	Sandra Cavalcante, parte do Catolé, Conj. Argemiro Figueiredo, Mirante
08P	Itararé, parte do Catolé
10P	Parte do Conj. Universitário, parte do Jeremias, parte do Cruzeiro
12P	Estação Velha, Tambor, Jardim Paulistano, Distrito dos Mecânicos, Aeroporto
14P	Santa Rosa, Quarenta
16P	Parte do Santa Cruz, parte do Cruzeiro, Conj. Ressurreição, Conj. Novo Horizonte
18P	Três Irmãs, Pres. Médici, Catingueira, B. das Cidades
22P	Vila Cabral, Santa Teresinha, Porteira de Pedra
24P	Católé de Zé Ferreira, IPEP, Serrotão
HORÁRIO DIURNO E FREQUÊNCIA ALTERNADA – ROTEIROS ÍMPARES	
03I	Jardim Tavares, parte do Alto Branco
05I	Conceição, Bairro das Nações, parte do Alto Branco
07I	Parte do Monte Santo, parte da Palmeira
09I	Centenário, Bela Vista, parte do São José
11I	Bodocongó, parte da Ramadilha, parte do Dinamérica
13I	Chico Mendes, parte da Ramadilha, parte do Malvinas
15I	Parte das Malvinas, CAIC
17I	Liberdade
19I	Parte do Dinamérica, Conj. Rocha Cavalcante, Conj. Cinza, Conj. Jardim Verdejante
HORÁRIO NOTURNO E FREQUÊNCIA DIÁRIA – ROTEIROS NOTURNOS	
01N	Parte do São José, parte da Prata, parte do Centro
02N	Parte do Monte Santo, parte da Palmeira, parte do Centro Horário Diurno e Frequência Alternada – Roteiro Par
03P	São José da Mata, Galante
HORÁRIO DIURNO E FREQUÊNCIA ALTERNADA – ROTEIRO ÍMPAR	
20I	Hospitalar
21I	Cuités, Continental, Vila dos Teimosos, Novo Bodocongó, parte da Ramadilha I
23I	Pedregal, Farinhada, São Januário

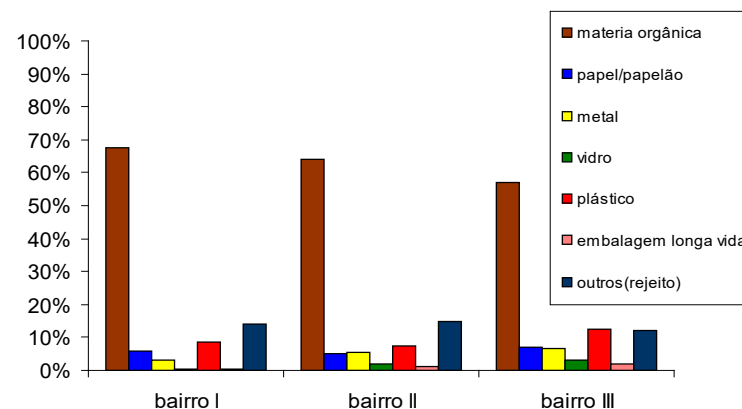
Fonte: Adaptado da Empresa Líder S/A (2006).

2) PREPARAÇÃO DA AMOSTRA DA COLETA CONVENCIONAL E ESTUDO GRAVIMÉTRICO

O estudo gravimétrico dos resíduos sólidos domiciliares do município de Campina Grande-PB foi realizado no segundo semestre do ano de 2006, em 03 (três) bairros.

Observando a Figura 2, verifica-se que a maior fração que constitui os resíduos sólidos gerados, é composta por matéria orgânica, apresentando um menor percentual que é de 57 %, no Bairro III, que representa a classe alta, e um maior percentual em torno de 67%, no Bairro I, que representa a classe baixa.

FIGURA 2 -COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB, DISTRIBUÍDA POR BAIRROS

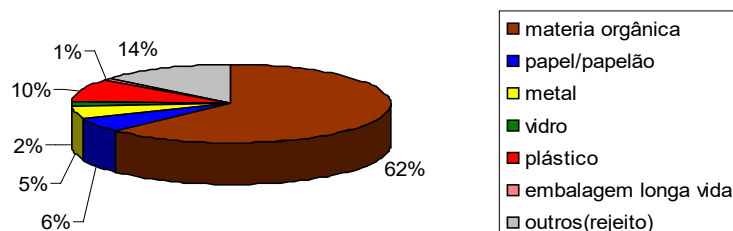


Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

Quanto aos materiais que são considerados recicláveis (papéis, plásticos, vidros e metais), ocorreu o inverso, o Bairro III apresentou maior percentual de 29%, enquanto que o Bairro I apresentou um percentual de apenas 18%. Para am-

bos, os componentes que estão em maiores quantidades são plásticos e papel/papelão, já os metais e vidros apresentam menores percentuais. A composição média dos resíduos sólidos domiciliares de Campina Grande-PB está representada na Figura 3.

FIGURA 3 - COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE CAMPINA GRANDE-PB



Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

Observa-se que a fração mais representativa em termos quantitativos é da matéria orgânica, com um percentual médio de 62%, o que demonstra o grande desperdício de materiais com potencialidade na produção de adubos.

Os materiais recicláveis representam aproximadamente 23%, com maior presença de plástico com 10%, seguindo de papel/papelão com 6%, tendo como menores percentuais os metais e vidros que apresentam respectivamente 5% e 2%.

Da quantidade de resíduos vítreos que chegam ao lixão, cerca de 50% é comercializado pelas empresas de envase e o restante fica amontoado sem nenhum tipo de aproveitamento. Estes materiais podem ser reciclados, contribuindo assim para preservação do meio ambiente e gerando renda para os catadores de resíduos.

Os demais materiais (madeiras, trapos, couros, ossos, borracha e solos) representam 14% dos resíduos domiciliares, sendo entulhos e similares, o principal componente do montante, seguidos pelos trapos. Nessa categoria encontram-se principalmente tecidos em geral, tais como pedaços de roupas e lençóis.

Ainda foram pesquisados dados referentes às quantidades de peças de vidros que são catados no lixão de Campina Grande-PB e são comercializados pela cooperativa de materiais recicláveis (COTRAMARE), estando dispostos na Tabela 2.

Os resultados mostram que todo o vidro que é adquirido pela respectiva cooperativa é destinado a retornabilidade, já que só são comercializadas, garrafas inteiras.

TABELA 2 - COMPRAS E VENDAS DE VIDROS REALIZADOS PELA COTRAMARE NO PERÍODO DE JANEIRO A OUTUBRO DE 2006

Produtos	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT
DREHER	-	-	-	30	210	321	390	414	178	231
COCO	-	-	-	4.350	1.981	2.783	2.925	1.666	1.693	1.519
SUCO	-	-	-	770	262	564	994	195	272	136
GARRAFA PRETA	-	-	-	1.600	-	-	-	-	-	-
LITRO LISO	-	-	-	60	54	58	67	67	34	-
CERVEJA	-	-	-	28	54	58	79	42	37	27
LITRO 51	-	-	-	-	53	14	65	-	27	48
CANA	-	-	-	1.000	833	1.441	1.402	888	958	885
PIMENTA	2.400	-	2.400	1.400	525	1.762	853	740	736	627
LITRO BRANCO	-	-	-	-	-	44	40	-	31	72
BUTIÃO	-	-	-	-	-	18	8	7	7	9
RETORNO	-	-	-	-	-	6	24	32	57	8
LONGNECK	-	-	-	-	-	38	44	-	-	-
VINHO PRETO	-	-	-	540	420	267	131	175	203	153
VINHO BRANCO	-	-	-	92	100	118	212	19	6	48
LITRO FERRADO	-	-	-	-	-	48	-	49	13	-
MINERAL	-	-	-	280	560	-	-	443	513	521
CATUABA	-	-	-	-	-	-	-	-	118	-
YPIOCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
Total de unidades	2.400	-	2.400	10.150	5.052	7.540	7.234	4.737	4.883	4.290

Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa realizada no ano de 2006 em Campina Grande-PB permitiram concluir que:

- O município *não dispõe de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos*, sendo a disposição final desses materiais, feita a céu aberto no lixão, localizado no bairro do Serrotão;
- A matéria orgânica é o principal componente dos resíduos sólidos domésticos coletados no município, correspondendo a cerca de 60%, sendo gerado em maior quantidade pelas classes de menor poder aquisitivo (Bairro I). Este resultado pode significar uma tendência de consumo de materiais de baixa qualidade e/ou de deficiência na estocagem e refrigeração dos alimentos, levando os mesmos serem descartados com maior facilidade;
- Os materiais considerados recicláveis (papéis, plásticos, vidros e metais) apresentaram um percentual médio de 23%, sendo o Bairro III de classe alta o que apresentou maior percentual. As classes mais altas, por ter um maior poder de aquisição, e menor preocupação em economizar, usam mais produtos industrializados e embalados, por serem mais práticos;
- Os resíduos classificados como outros (que não são recicláveis) representam aproximadamente 14%, e ficam acumulados no lixão ocupando espaço físico e contaminando o meio ambiente;
- Todo o vidro catado no lixão são peças inteiras vendidas por unidade a sucateiros e atravessadores;

- Da quantidade de resíduos vítreos que chegam ao lixão cerca de 50% é comercializado por empresas de envase, e o restante fica amontoado sem nenhum tipo de aproveitamento;
- A maioria dos materiais vítreos comercializados no lixão são incolores.

Logo, pode-se concluir que o maior problema das grandes cidades é a forma de disposição final dos resíduos. No entanto uma grande parcela destes pode ser reciclado, reutilizado e/ou reaproveitado, gerando assim possibilidades de empregos com lucratividade e diminuindo a agressão ao meio ambiente.

Quanto ao vidro descartado, material não biodegradável e 100% reciclável, este poderá quando beneficiado e/ou reciclado, promover a sustentabilidade de uma parcela da população, que vive de atividades de catação e comercialização, além de possibilitar a recuperação de áreas antes ocupadas por estes resíduos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro concedido ao projeto.

REFERÊNCIAS

ABIVIDROS – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automotivas de Vidro. Boletim Informativo, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2004). NBR 10007: Amostragem de Resíduos Sólidos – Rio de Janeiro.

CEMPRE, Compromisso Empresarial para a Reciclagem. 2006. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em: 10 de novembro 2006.

GODINHO, K. O; HOLANDA, J. N; SILVA, A.G.P. Cerâmica 5, p. 419-427. 2005.

GOMES, L. P. Estudo da Caracterização Física e da Biodegradabilidade dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterros Sanitários. 2001, 123p. Dissertação de Mestrado, UFSCAR, São Carlos-SP.

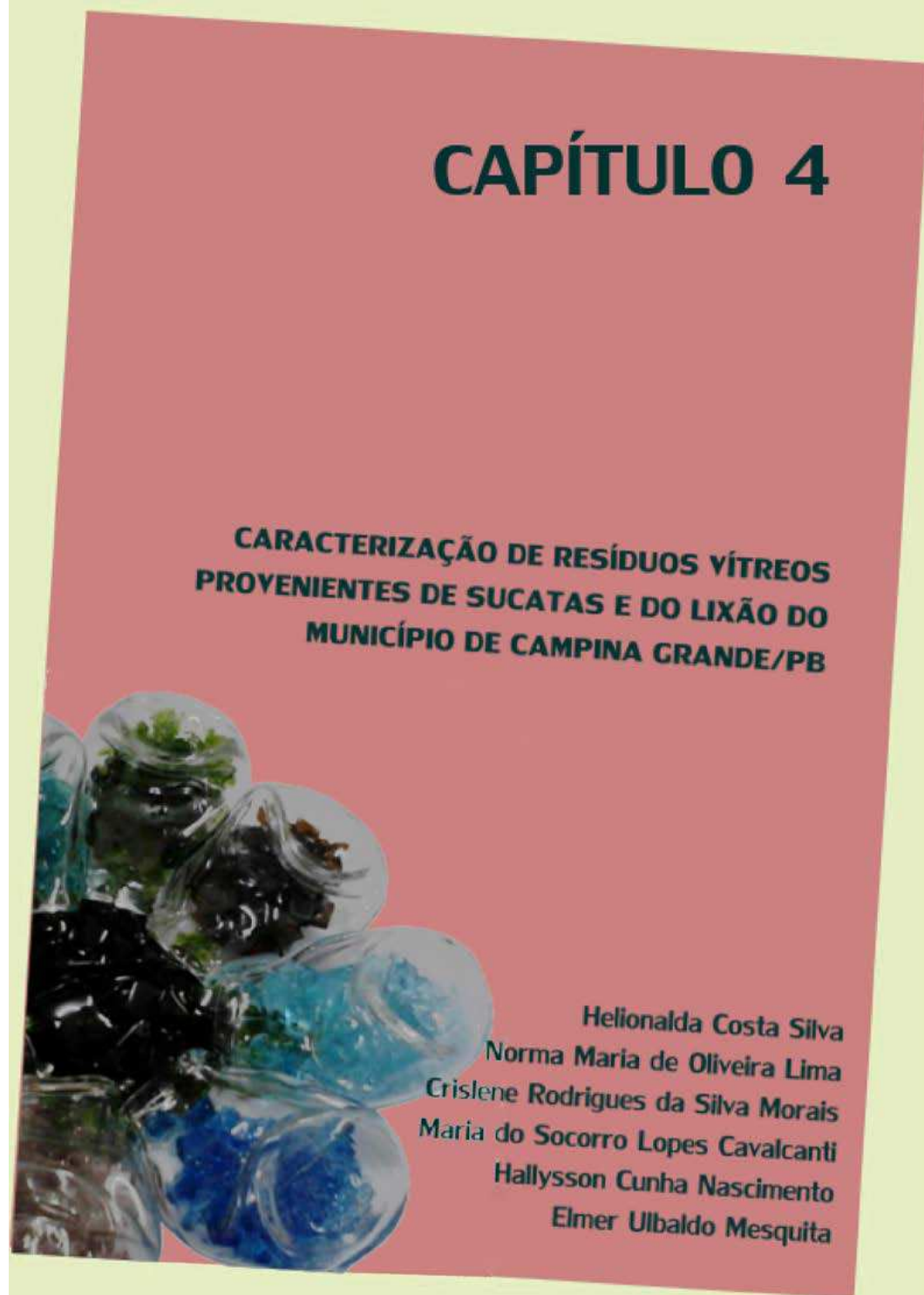
IBGE. PESQUISA NACIONAL DE SANEAMENTO BASICO – Limpeza urbana e coleta de lixo, 2000.

O Destino do Lixo no Brasil. Disponível em <<http://www.brasiloste.com.br>>. Acesso em: 18 de abril de 2007.

RECICLOTECA - Centro de Informações sobre Reciclagem e Meio Ambiente. Conheça sua embalagem de vidro. Informativo Recicloteca n.3, p.6. Disponível em:<<http://www.recicloteca.org.br>> acesso em 24 de abril de 2006.

TAVARES, J. C. L. Levantamento da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Maceió. Anais do II Simpósio Nordeste de Saneamento Ambiental. João Pessoa, PB, Novembro de 2006.

Vidro uma breve história, Técnicas de Caracterização e Aplicações Tecnológicas. Revista Brasileira de Ensino de Física 3, 19 (1997), 120.



4

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS VÍTREOS PROVENIENTES DE SUCATAS E DO LIXÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB

Helionalda Costa Silva
Norma Maria de Oliveira Lima
Crislene Rodrigues da Silva Morais
Hallysson Cunha Nascimento
Elmer Ulbaldo Mesquita
Luciana Figueiredo Lopes Lucena

RESUMO

No Brasil são produzidas 2130 toneladas de vidro por ano. O índice de reciclagem de vidro em 2005 foi de 46%, sendo que essa quantidade pode crescer muito mais com o incentivo a reciclagem. O vidro é um material 100% reciclável que proporciona diversas vantagens, podendo ser usado como matéria-prima nas modernas fibras ópticas. Diante desse contexto observou-se a necessidade de caracterizar e comparar os resíduos vítreos provenientes de algumas sucatas e do lixão de Campina Grande, quanto à sua composição química, espectroscopia no infravermelho, difração de raios-x e análise de coliformes termoresistentes (fecais). Esse último é de grande importância tendo em vista que estes resíduos são manuseados por trabalhadores sem qualquer proteção. A análise química mostrou que os resíduos são de vidros de sílica-sódio-cálcio. Na difração de raios-x constatou-se o grau de amorficidade

e cristalinidade das amostras. Os resultados confirmaram que os resíduos estavam contaminados por coliformes fecais.

Palavras-Chave: Resíduos vítreos. Reciclagem. Espectroscopia. Microrganismos.

INTRODUÇÃO

O vidro desperta graça e beleza, sendo que, nos últimos anos tem interessado aos pesquisadores pelas propriedades que apresentam, eventualmente aplicadas a alta tecnologia. Sendo um material 100% reciclável que proporciona diversas vantagens, não ocorrendo perda de material durante o processo de fusão, para cada tonelada de caco de vidro limpo, obtém-se uma tonelada de vidro novo.

Além disso, cerca de 1,2 toneladas de matéria-prima deixam de ser consumidas, por serem descartadas em lixões (ABIVIDRO, CEMPRE, 2003). O caco de vidro limpo é então considerado matéria-prima nobre.

As matérias-primas que compõem o vidro não agridem o meio ambiente. Por ser o vidro um material não biodegradável, não se decompõe, e a vida útil dos lixões e aterros sanitários é comprometida pelo acúmulo e espaço ocupado pelos mesmos (ARMELLINE, 2004).

O Brasil produz, em média, 800 mil toneladas de embalagens de vidro por ano. Deste total, cerca de 30% são geradas a partir de sucata de vidro (cacos) (CEMPRE, 2004). Como efeitos diretos da reciclagem do vidro destacam-se um ganho energético superior a 4% com a utilização de 10% de caco (resíduo vítreo) e redução de emissão de particulado e CO₂ (Protocolo de Kyoto). Como efeitos indiretos pode-se

mencionar: menor energia gasta na produção de insumos; preservação de recursos minerais e maior contribuição ao desenvolvimento sustentável (CEMPRE, 2006).

As composições individuais dos vidros são muito variadas, pois pequenas alterações são feitas para proporcionar propriedades específicas, tais como índice de refração, cor, viscosidade, etc. O que é comum a todos os tipos de vidro é a sílica, que é a base do vidro. Por ser um material amorfo e conter uma grande quantidade de silício e cálcio, o vidro possui várias aplicabilidades (ABIVIDRO, 2003).

A fabricação do vidro é dosada de várias matérias-primas que consistem em silicatos não-cristalinos que também contêm outros óxidos, notavelmente CaO, Na₂O, K₂O e Al₂O₃. Cada substância tem uma função específica que confere uma dada propriedade ao vidro. Por exemplo, um vidro de soda-cal típico, consiste em aproximadamente 70% SiO₂, sendo o restante composto principalmente por Na₂O (soda) e CaO (cal). Essas matérias-primas são divididas em cinco grupos principais: sílica (areia), fundentes, estabilizantes, afinantes e componentes secundários (AZAMBUJA, 1998).

Quanto à análise microbiológica de resíduos vítreos que são manipulados por trabalhadores da área sem nenhum tipo de proteção, não existem ainda estudos direcionados a esta realidade. Preocupados com o tema em questão e com a saúde pública realizou-se uma análise de bactérias do tipo coliformes termorresistentes (fecais).

Entre os vários gêneros e espécies de microrganismos não patogênicos presentes no intestino humano, aqueles conhecidos como Grupo Coliforme, passaram a ser denominados indicadores da presença de microrganismos pa-

togênicos em águas de abastecimento. Para cada grupo determinam-se famílias, gêneros, e espécies que identificam os agentes causadores de doenças, denominados agentes etiológicos (PELCZAR, 1996).

Diante dessa conjuntura esse trabalho objetivou verificar o nível de contaminação, através de uma análise microbiológica, como também caracterizar os resíduos vítreos oriundos de sucatas e do lixão do município de Campina Grande-PB.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

Os materiais utilizados na presente pesquisa consistiram em resíduos vítreos coletados em diferentes fontes. Foi gerado um total de 7 (sete) amostras, sendo 6 (seis) provenientes de sucatas e uma do lixão.

MÉTODOS

As amostras foram submetidas à análise microbiológica e em seguida realizada a caracterização. Para identificação das amostras foi utilizada a simbologia: RVS (Resíduo Vítreo da Sucata) e RVL (Resíduo Vítreo do Lixão).

Análise microbiológica - As amostras coletadas foram pesadas separadamente em balança analítica GT 210-OHAUS e transferidas para sete beckers previamente etiquetados (RVS1, RVS2, RVS3, RVS4, RVS5, RVS6 e RVL7), indicando pela numeração a procedência do resíduo vítreo. Adicionou-se a

cada becker 100ml de água destilada para a lavagem do material e que com o auxílio de um bastão de vidro favoreceu a remoção dos resíduos aderidos ao material vítreo.

Em seguida tomou-se o líquido de lavagem de cada amostra separadamente e filtrou-se em papel de filtro comum, sendo conduzido o filtrado de cada amostra para análise microbiológica, ou seja, para determinação dos coliformes termorresistentes (fecais) pelo Método da Membrana Filtrante. As amostras foram filtradas em membranas Millipore (0,45um) de diâmetro, até a secagem das membranas que foram removidas cuidadosamente com uma pinça esterilizada no fogo.

As amostras foram colocadas sobre os meios de culturas que antecipadamente havia sido colocados em placas de Petry e encaminhadas para a incubação a uma temperatura de 44,5 °C, durante 24 horas. Após esse período as placas foram retiradas da incubadora e realizadas a contagem das colônias de bactérias.

Para a caracterização das amostras foram utilizadas as seguintes técnicas: Análise Química, Infravermelho e DR-X.

Análise Química - É uma técnica que permite determinar quais os óxidos presentes na amostra, bem como sua porcentagem. Nesta análise foi determinada a presença dos seguintes óxidos: SiO₂, CaO, MgO, Al₂O₃, Na₂O e K₂O e Fe₂O₃. A análise química foi conduzida segundo o método número 88, do Ministério do Interior – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – DRN/Divisão de Geologia/SAN, no Laboratório de Análises Mineraias da UFCG.

Difração de Raios-X (DR-X) - A difração de raios-X foi feita em um equipamento SHIMADZU XDR-6000 utilizando

radiação de Cuk α , tensão de 40 kV, corrente de 30 A e varredura de $2^\circ < 2\theta < 80^\circ$. Essa análise foi realizada no Laboratório de Engenharia de Materiais da UFCG.

Espectroscopia Vibracional de Absorção no Infravermelho (IR) – Os espectros foram obtidos em pastilhas feitas a partir de 0,007g de vidro e 0,1g de KBr, prensadas a 5 toneladas por 30 segundos. Essa análise foi realizada no Laboratório de Engenharia de Materiais da UFCG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise microbiológica relacionados as amostras com os volumes tomados nas pipetas bacteriológicas e as contagens das unidades formadoras de colônias de bactérias (UFC/ml).

Notifica-se uma contaminação na ordem de 10^3 UFC/100ml na maioria das amostras e apenas RVS5 e RVS6 apresentando uma contaminação de 10^4 UFC/100ml. Para se entender melhor esse valor de contaminação, nos esgotos sanitários após tratamento à redução é na ordem de 10^7 para 10^3 , o que apenas possibilita a utilização dessa água na irrigação e outras atividades humanas.

TABELA 1 – QUANTIFICAÇÃO DA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Amostra/Origem	Volume Pipetado (ml)	UFC/ml
RVS1	5,0	1.10^3
RVS2	5,0	1.10^3
RVS3	5,0	3.10^3
RVS4	5,0	2.10^3
RVS5	5,0	$9.5.10^4$
RVS6	5,0	$1,4.10^4$
RVL7	5,0	2.10^3

Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

ANÁLISE QUÍMICA

A Tabela 2 apresenta os resultados em percentagem da composição química das 7 (sete) amostras de resíduos vítreos analisados. Observa-se que os valores de SiO₂ variaram de 60,40% (RVS3) até 70,48% (RVS5), já os valores de CaO variaram de 6,16% (RVS3) até 9,80% (RVS1). No caso do MgO a variação foi de traços (RVS1 e RVS2) até 3,22% (RVS6) sendo a variação do Al₂O₃ de 1,68% (RVL7) até 6,20% (RVS5).

Os valores de Na₂O ficaram entre 9,18% (RVS4) e 11,68% (RVS1) e os do K₂O entre 0,12% (RVS2) e 0,91% (RVS5). Pode-se ainda constatar que as amostras RVS3 e RVL7 de cores âmbar apresentam 0,32% de Fe₂O₃ que proporcionam essa tonalidade ao vidro.

TABELA 2 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS VÍTREOS

Amostras	SiO ₂ (%)	CaO(%)	MgO(%)	Al ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O(%)	K ₂ O(%)	Fe ₂ O ₃ (%)
RVS1	67,26	9,80	Traços	4,68	11,68	0,42	-
RVS2	69,50	8,40	Traços	5,30	10,33	0,12	-
RVS3	60,40	6,16	1,00	3,13	11,14	0,54	0,32
RVS4	67,72	7,84	1,20	4,55	9,18	0,73	-
RVS5	70,48	8,12	0,60	6,20	10,87	0,91	-
RVS6	67,96	6,44	3,22	2,75	11,07	0,36	-
RVL7	70,18	7,00	0,81	1,68	11,14	0,48	0,32

Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

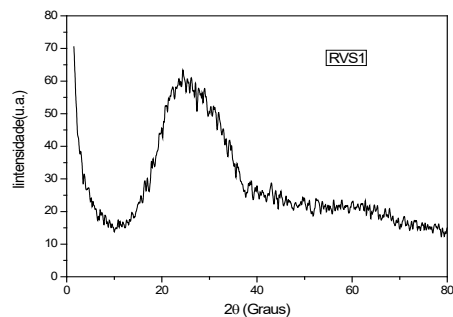
Como há uma alta quantidade de sílica, sódio e cálcio na composição química dos resíduos vítreos pode-se reconhecer o tipo de vidro como sendo de sílica-sódio-cálcio.

DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Através dos difratogramas de Raios-X apresentados nas Figuras 1 a 7, pode-se observar que os picos das sete amos-

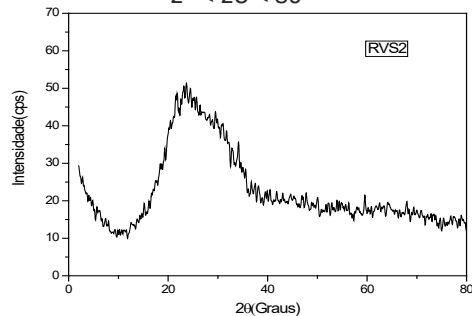
tras estudadas apresentaram o mesmo comportamento. Os gráficos não apresentam um pico agudo que seria característico de uma amostra cristalina. No entanto, apresentam uma banda que vai de aproximadamente 13 a 40° devido o material ser predominantemente amorfo (SANTOS, 1989). Esta banda bastante evidente tem seu valor máximo de intensidade em 26,56° e encontra-se a uma distância interplana basal (d_{001}) de 3,60Å que é proveniente da presença de sílica na amostra.

FIGURA 1 – DIFRAÇÃO DE RAIOS-X DA AMOSTRA RVS1 COM VARREDURA DE $2^\circ < 2\theta < 80^\circ$



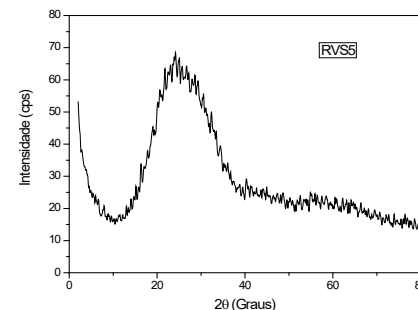
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 2 – DIFRAÇÃO DE RAIOS-X DA AMOSTRA RVS2 COM VARREDURA DE $2^\circ < 2\theta < 80^\circ$



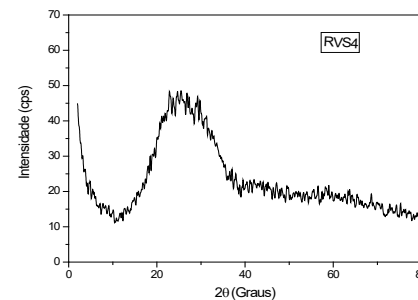
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 3 – DIFRAÇÃO DE RAIOS-X DA AMOSTRA RVS3 COM VARREDURA DE $2^\circ < 2\theta < 80^\circ$.



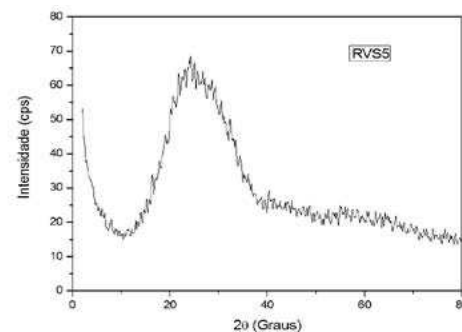
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 4 – DIFRAÇÃO DE RAIOS-X DA AMOSTRA RVS4 COM VARREDURA DE $2^\circ < 2\theta < 80^\circ$



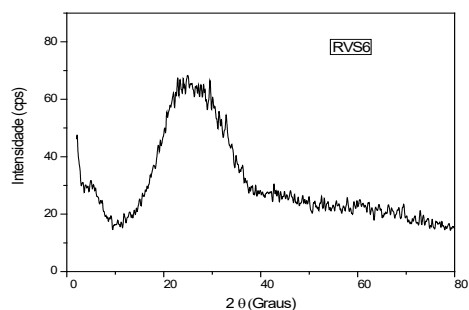
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 5 – DIFRAÇÃO DE RAIOS-X DA AMOSTRA RVS5 COM VARREDURA DE $2^\circ < 2\theta < 80^\circ$



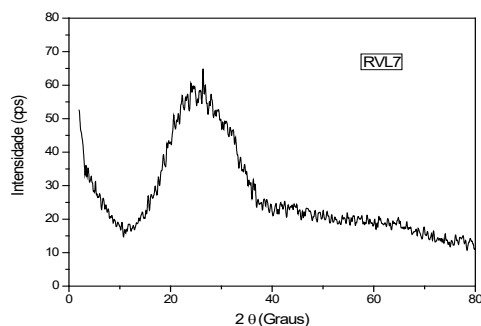
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 6 – DIFRAÇÃO DE RAIOS-X DA AMOSTRA RVS6 COM VARREDURA DE $2^\circ < 2\theta < 80^\circ$



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 7 – DIFRAÇÃO DE RAIOS-X DA AMOSTRA RVL7 COM VARREDURA DE $2^\circ < 2\theta < 80^\circ$

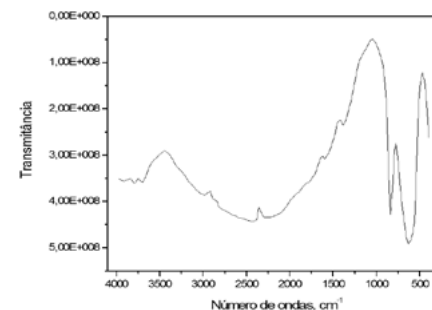


Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

ESPECTROSCOPIA VIBRACIONAL DE ABSORÇÃO NO INFRAVERMELHO

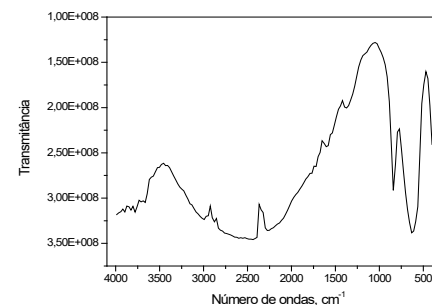
Pelas de Figuras 8 a 14, observa-se que todas as amostras apresentaram bandas na região entre $1004\text{-}1045\text{ cm}^{-1}$ características das ligações Si-O-Si. A faixa de $3200\text{-}3400\text{ cm}^{-1}$ está relacionada com vibrações de absorção relativo ao grupo Alanol (Al-O) (MCWHINNIE, BREAKWELL, HOMER, LAWRENCE, 1995; MADEJOVÁ, 2003).

FIGURA 8 – ESPECTROS VIBRACIONAIS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA RVS1



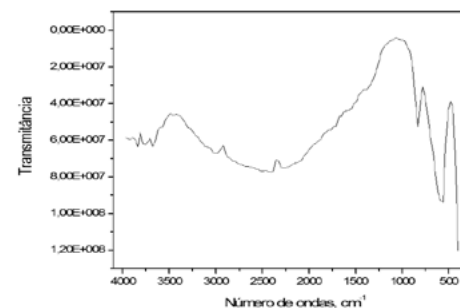
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 9 – ESPECTROS VIBRACIONAIS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA RVS2.



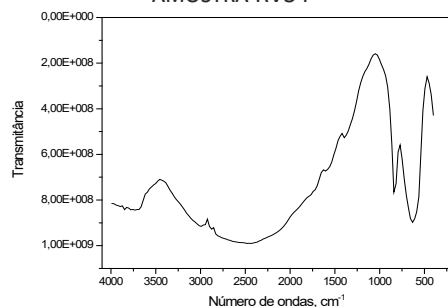
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 10 – ESPECTROS VIBRACIONAIS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA RVS3



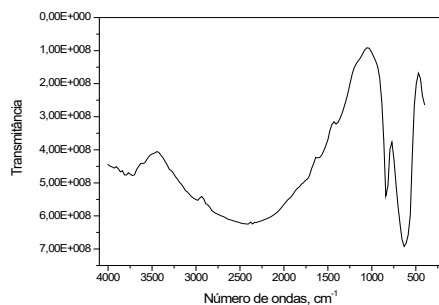
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 11 – ESPECTROS VIBRACIONAIS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA RVS4



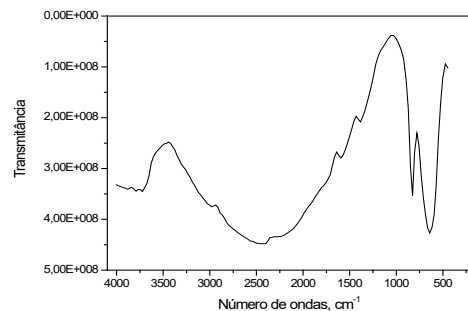
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 12 – ESPECTROS VIBRACIONAIS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA RVS5



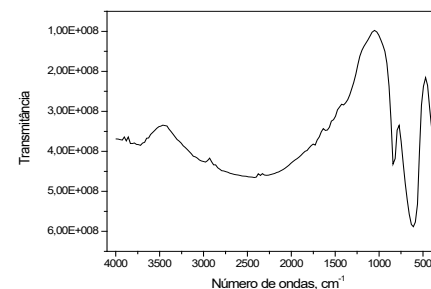
Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 13 – ESPECTROS VIBRACIONAIS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA RVS6



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

FIGURA 14 - ESPECTROS VIBRACIONAIS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA RVL7



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2006.

CONCLUSÕES

Todas as amostras apresentaram contaminação por coliformes termorresistentes. Nos esgotos sanitários a concentração é de 10^7 UFC (unidade formadora de colônias de bactérias). Com o tratamento do esgoto esse índice baixa para 10^3 UFC, o que apenas permite a utilização dessa água na irrigação e outras atividades humanas sem prejuízos para saúde. Diante dos resultados faz-se necessário um beneficiamento desses resíduos, pois a pessoa que os estiverem manuseando, quer sejam catadores, sucateiros ou funcionários da indústria vidreira, estará exposto às contaminações por coliformes, o que já significa um indicativo de contaminação por doenças tais como: hepatite, cólera, diarreias e viroses, entre outras. Uma lavagem prévia dos resíduos com água corrente e clorada já reduziria ao máximo o nível da contaminação.

As caracterizações (análise química, difração de raios-x e infravermelho) realizadas nos resíduos vítreos, confirmaram que os mesmos são de vidro soda-cal os quais poderão ser reciclados produzindo um material com as mesmas características físico-químicas de origem, economizando as matérias-primas naturais.

REFERÊNCIAS

ABIVIDRO - Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automotivas de Vidro. Boletim Informativo, 2003.

ARMELLINE, C.; FERNANDES, D. Utilização da sucata de vidro Para Preparação de Novos Produtos. In: 48º congresso brasileiro de materiais. Anais. Curitiba-PR, 2004.

AZAMBUJA, J. R. Edição Integrada nas Comemorações dos 250 anos da Indústria do vidro, 1998.

CEMPRE, Compromisso Empresarial para a Reciclagem, 2003.

CEMPRE, Compromisso Empresarial para a Reciclagem. 2006. Disponível em: <http://www.cempre.org.br> acesso em: 06 maio de 2006.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM, Pesquisa Ciclosoft 2004. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ciclosoft> 2004.php acesso em 18 de julho de 2006.

PELCZAR, M.J.; et al. Microbiologia: Conceitos e Aplicações. 2 ed. Vol.2. São Paulo: MAKRON Books do Brasil, 1996. 517p.

MADEJOVÁ, J. FTIR: techniques in clay mineral studies. Vibrational Spectroscopy. v.31, p.1-10, 2003.

MCWHINNIE, W. R.; BREAKWELL, I. K.; HOMER, J.; LAWRENCE, M. A. M. Studies of organophilic clays: the distribution of quaternary ammonium compounds on clays surfaces and the role of impurities. Polyhedron. v.14, p.2511-2518, 1995.

SANTOS, P. S. Ciência e Tecnologia das Argilas. 2ª edição revisada e ampliada. v.1, São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1989.

SHIBATA, F.; BALLONI, F.; ALMEIDA, R.; LEITE, R.H.C. Estação de Tratamento de Água de Vinhedo. Disponível em <http://www.planeta.terra.com.br/educação/be310>. Acesso em: setembro 2003.

CAPÍTULO 5

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE RESÍDUOS VÍTREOS DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, ESPECTROSCÓPICA E BACTERIOLÓGICA



Helionalda Costa Silva
Crislene Rodrigues Silva. Morais
Micheli. F. Silva
Rafaela Lima de Meneses
Valdênia de Sousa Porto

5

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE RESÍDUOS VÍTREOS DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, ESPECTROSCÓPICA E BACTERIOLÓGICA

Helionalda Costa Silva
Crislene Rodrigues da Silva Morais
Micheli F. Silva
Rafaella Lima de Meneses
Valdênia de Sousa Porto

RESUMO

O desenvolvimento e crescimento das grandes cidades aumentaram o consumo de produtos industrializados, seguido do descarte dos recipientes onde são acondicionados, gerando dessa forma um grande volume de resíduos sólidos que lançados no meio ambiente, geralmente nos lixões, ocasionam problemas como a poluição ambiental que afeta principalmente a saúde pública. Dentre este montante de resíduos sólidos se destacam os vidros, com características como: elevada densidade, não degradabilidade e volumetria elevada, o que compromete ainda mais a vida útil dos lixões. O vidro é 100% reciclável e apresenta uma vasta aplicabilidade. Várias pesquisas mostram que o vidro pode ser utilizado em massas cerâmicas, asfaltos entre outros, substituindo parcialmente as matérias-primas. Diante desse contexto sentiu-se a necessidade de avaliar as propriedades químicas e bacteriológicas de resíduos vítreos oriundos de sucatas e do lixão da zona urbana de

Campina Grande-PB. A análise química mostrou que as composições dos resíduos estudados são de vidros do tipo sílica-soda-cal. Os espectros vibracionais das amostras de vidros comprovaram a presença de grupos funcionais do Si-O-H, Si-O e Al-OH. Os difratogramas mostraram o grau de amorficidade e cristalinidade do material analisado. Os resultados da análise bacteriológica confirmaram que os resíduos estavam contaminados por coliformes termotolerantes (fecais) com percentuais que comprometem a saúde dos catadores.

Palavras-chave: Resíduos vítreos. Caracterização. Sanitização. Reciclagem.

INTRODUÇÃO

Uma deplorável realidade. Depósitos a céu aberto ainda são a principal forma de disposição de lixo em muitas cidades. Essa destinação inadequada acarreta uma série de problemas para a saúde humana e para produtividade, além dos desperdícios de recursos que poderiam ser utilizados e do comprometimento de reservatórios naturais (rios, nascentes, etc.).

A cidade de Campina Grande-PB, cuja população é estimada em cerca de 376.000 habitantes, enfrenta problemas semelhantes às demais. O único local em funcionamento para a disposição final de resíduos sólidos gerados pela população e pelas indústrias é um lixão a céu aberto localizado a 10 km do centro da cidade na Alça Sudoeste. Nesse local o resíduo vítreo é de fácil acesso.

O vidro é um material 100% reciclável que proporciona diversas vantagens, não ocorrendo perda de material durante o processo de fusão. Para cada tonelada de caco de vidro limpo, obtém-se uma tonelada de vidro novo.

O Brasil produz em média 890 mil toneladas de embalagens de vidro por ano, usando cerca de 45% de matéria-prima reciclada na forma de cacos. Parte deles foi gerada como refugo nas fábricas e parte retornou por meio da coleta seletiva (ABIVIDROS, 2005).

O volume de vidro reutilizado em Campina Grande-PB corresponde a cerca de 20 toneladas/mês. A quantidade recomendada para reciclagem do referido material, com base no número de habitantes deveria ser em torno de 100 a 120 toneladas mensais. Por não haver uma política de controle desses resíduos, mais de 80 toneladas de vidro são jogados no lixo de Campina Grande, todos os meses, podendo ser reaproveitados usando a reciclagem (JORNAL DA PARAÍBA, 2005).

Diante dessa conjuntura, observou-se a necessidade de analisar e caracterizar os resíduos vítreos provenientes da zona urbana de Campina Grande-PB, como forma de propor um destino a estes resíduos.

Segundo Azambuja (1998) o vidro nada mais é que a mistura perfeitamente dosada de várias matérias-primas que consistem em silicatos não-cristalinos que também contêm outros óxidos, notavelmente CaO, Na₂O, K₂O e Al₂O₃. Cada substância tem uma função específica que confere uma dada propriedade ao vidro. Por exemplo, um vidro de soda-cal típico, consiste em aproximadamente 70% SiO₂, sendo o restante composto principalmente por Na₂O (soda) e CaO (cal).

Essas matérias-primas são divididas em cinco grupos principais: sílica (areia), fundentes, estabilizantes, afinantes e componentes secundários. Sílica (areia) – tão pura quanto possível e proveniente das areias ou das rochas de quartzo – considerada, pela sua natureza, o vitrificante, ou seja, o verdadeiro esqueleto do vidro.

CLASSIFICAÇÃO DOS VIDROS

Mesmo existindo infinitas formulações os vidros são divididos nas principais famílias:

Sílica Vítreas

Sílica vítrea tem um coeficiente de expansão térmica muito baixa, sendo ideal para janelas de veículos espaciais e outras aplicações aonde são exigidas baixa expansão térmica a fim de se ter resistência a choques térmicos e estabilidade dimensional. Devido à extrema pureza obtida pelo processo de deposição de vapor, a sílica vítrea é utilizada para produção de fibras óticas. Este tipo de vidro não é frequentemente encontrado nos lixões.

Silicatos alcalinos

Os óxidos alcalinos são normalmente incorporados nas composições dos vidros como carbonatos. Acima de 550 °C os carbonatos reagem com a sílica formando um líquido silicoso e se a proporção de carbonato alcalino e sílica forem adequadas, formará um vidro com o resfriamento.

Vidros soda-cal

O óxido estabilizante mais utilizado é o de cálcio, muitas vezes junto com óxido de magnésio. Estes vidros são comumente chamados de sodo-cálcicos. Eles compreendem, de longe, a família de vidros mais antiga e largamente utilizada.

As composições da maioria dos vidros sodo-cálcicos estão dentro de uma faixa estreita de composição. Eles contêm, normalmente, entre 8 e 12 por cento em peso de óxidos de cálcio e de 12 a 17 por cento de óxido alcalino (principalmente óxido de sódio). Muito cálcio faz com que o vidro tenha tendência a desvitrificar (cristalizar), durante o processo de produção. Alto teor em alcalinos resulta um vidro com baixa durabilidade química. Este tipo de vidro é o mais encontrado nos lixões.

Vidros ao chumbo

Vidros alcalinos ao chumbo têm uma longa faixa de trabalho (pequena alteração de viscosidade com diminuição de temperatura) e desta maneira têm sido usados por séculos pela produção de artigos finos de mesa e peças de arte. O chumbo também confere ao vidro um maior índice de refração, incrementando seu brilho. Vidro ao chumbo é o vidro nobre aplicado em copos e taças finas conhecidas como “cristal”, termo ambíguo, pois, o vidro não é um material cristalino. Este tipo de vidro não é encontrado frequentemente nos lixões.

Vidros borossilicatos

Os vidros borossilicatos apresentam alta resistência ao choque térmico e por isso são empregados em produtos de mesa que podem ser levados ao forno. É o caso do Pyrex e do Marinex. Devido a menor quantidade de óxidos modificadores, além da resistência ao choque térmico, os vidros

borossilicatos são também muito resistentes ao ataque químico e por isso são utilizados em vários equipamentos de laboratório. Este tipo de vidro não é encontrado em lixões.

Vidros alumino-silicatos

Quanto se adiciona alumina (óxido de alumínio) em uma formulação de vidro silicato alcalino, o vidro se torna mais viscoso em temperaturas elevadas. Em vidros ao silicato, a alumina é um formador de rede (embora sozinha não forme vidro em condições normais) e assume a coordenação tetraédrica similar à sílica. Sendo o alumínio trivalente, em contraste com o silício que é tetra-valente, a coordenação tetraédrica da alumina diminui o número de oxigênios não formadores de pontes, o que aumenta a coesão da estrutura do vidro. Como consequência, vidros alumino-silicatos comerciais podem ser aquecidos a temperaturas superiores sem deformação, comparativamente a vidros sodo-cálcicos ou à maioria dos borossilicatos.

Vidros alumino-silicatos são utilizados em tubos de combustão, fibras de reforço, vidros com alta resistência química e vitrocerâmicas. Esses tipos de vidros não são encontrados nos lixões.

RECICLAGEM DE VIDROS

Segundo o Centro de Informações sobre Reciclagem e Meio Ambiente (RECICLOTECA, 2005) a aplicabilidade do vidro é a mais diversificada possível. No início foi usado como objeto de corte e armamento, pontas de flechas, passando

por objetos ornamentais, utilitários domésticos, lentes e finalmente chegando à tecnologia como matéria-prima das modernas fibras ópticas.

Atualmente, o vidro é parte integrante e fundamental do projeto arquitetônico. Faz parte da estética e tem forte influência no conforto, na economia e na segurança de qualquer edifício.

Esse crescimento no uso do vidro provoca um aumento no acúmulo de resíduos sólidos, conduzindo a altos níveis de contaminação global, comprometendo assim o futuro do nosso planeta.

No Brasil, cerca de 30% dos resíduos sólidos gerados é constituído de materiais vítreos, podendo estes serem reutilizados e reciclados. Apesar disso, enormes quantidades de vidro são dispostos em lixões, agredindo o meio ambiente.

CONTAMINAÇÃO EM RESÍDUOS VÍTREOS

A contaminação de resíduos vítreos por microrganismos patogênicos é um assunto desconhecido ou pelo menos ainda não estudado por pesquisadores.

Destacamos neste trabalho a relevância da investigação desses microrganismos nos resíduos vítreos, visto que a população envolvida com o manuseio dos mesmos quer seja catadores, sucateiros ou operários da indústria vidreira estarão expostos à contaminação por patógenos, o que resulta numa questão de saúde pública.

Os problemas sanitários provocados pelos resíduos sólidos à população decorrem principalmente do contato indireto, visto que os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) servem de

habitat para proliferação de macro vetores (ratos, baratas, moscas) e micro vetores (vermes, bactérias, fungos).

Além disso, para Sisinho & Oliveira (2000) as áreas destinadas a receber toneladas de resíduos, não dispõem de infra-estrutura capaz de evitar os problemas oriundos desta atividade, logo, será responsável pela degradação ambiental das regiões sob sua influência. Dentre os problemas ambientais causados pela disposição inadequada de grandes quantidades de resíduos sólidos, pode-se destacar a poluição do ar, das águas e do solo e como consequência desses fatores, o comprometimento da saúde humana.

CARACTERÍSTICAS DAS SUCATAS E DO LIXÃO DE CAMPINA GRANDE - PB

Atualmente a cidade de Campina Grande tem aproximadamente 40 sucatas e apenas 10% comercializam o resíduo vítreo (caco), que é proveniente da quebra de peças inteiras. A maioria dos catadores do lixão catam exclusivamente as peças inteiras e apenas 2% destes recolhem cacos de vidros.

Todo material vítreo adquirido pelas sucatas é armazenado em grandes galpões, alguns sucateiros guardam os materiais em sacos, tambores, engradados ou em prateleiras. Nesse ambiente não é observado nenhum tipo de higienização e os trabalhadores não utilizam equipamentos de proteção individual – EPI's.

O município de Campina Grande-PB não dispõe de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos, sendo a disposição final desses materiais feita a céu aberto, sem nenhum tratamento, no lixão localizado no bairro do Serrotão (Figura 1).

FIGURA 1 – VISÃO PANORÂMICA DO LIXÃO A CÉU ABERTO DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB



Fonte: Pesquisa Direta, 2007.

A composição média dos resíduos sólidos domiciliares de Campina Grande - PB está apresentada na Tabela 1. Os metais e os vidros apresentam os menores percentuais, 5,00% e 1,83% respectivamente.

TABELA 1 - COMPOSIÇÃO MÉDIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE CAMPINA GRANDE-PB

Resíduos Sólidos	Média(%)
Matéria orgânica	62,83
Papel/papelão	6,00
Metal	5,00
Vidro	1,83
Plástico	9,50
Embalagem longa vida	1,17

Fonte: OLIVEIRA (2007).

A coleta convencional é realizada em toda área urbana do município, inclusive nos distritos de Galante, São José da Mata e Catolé de Boa Vista e tem recolhimento médio de aproximadamente 242 t de resíduos sólidos o que representa uma produção per capita de 0,68 kg/hab./dia da população urbana (OLIVEIRA, 2007).

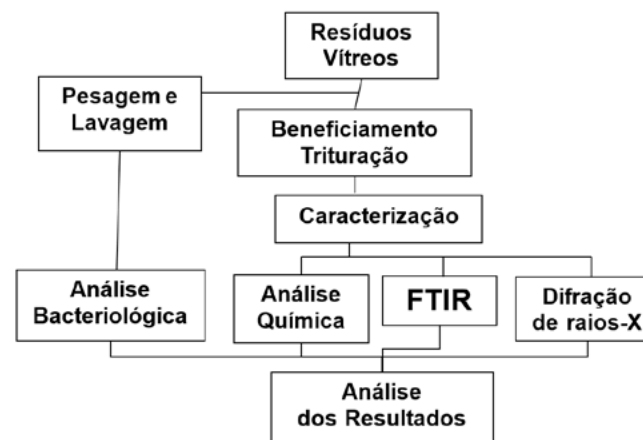
A cada mês cerca de 50 toneladas de vidros recicláveis são depositados a céu aberto, causando assim grande impacto ambiental. Este material se retirado do lixão poderia gerar emprego e renda para a população de catadores. Portanto, recomenda-se a implantação de um programa de gestão de resíduos vítreos no município, visando à retirada desses materiais recicláveis do lixão, uma vez que, pesquisas realizadas recentemente, apontam para uma série de possibilidades de uso ou incorporação dos mesmos em produtos de cunho tecnológico.

Este trabalho tem como objetivo caracterizar os resíduos vítreos oriundos de sucatas e do lixão da zona urbana da cidade de Campina Grande-PB, com intuito de poder incentivar a discussão sobre a possibilidade de sua reciclagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 2 apresenta o fluxograma da metodologia usada para realização de todo o processo de coleta das amostras de resíduos vítreos, do beneficiamento das amostras e as técnicas de caracterização aplicadas nesta pesquisa.

FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA USADA PARA REALIZAÇÃO DESTA PESQUISA



Fonte: Pesquisa Direta, 2007.

MATERIAIS

O material utilizado foi resíduo vítreo coletado na zona urbana da cidade de Campina Grande-PB, de diferentes procedências como: sucatas e lixão. Foram coletadas um total de 14 (quatorze) amostras com pesos de 10 kg para os resíduos vítreos não coloridos e 5 kg coloridos, sendo 12 (doze) provenientes de sucatas e 2 (duas) do lixão. Estes resíduos foram acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados (data da coleta e procedência). Estas coletas foram realizadas nos períodos de chuvas e estiagem, conforme Tabelas 2 e 3.

Para identificação das amostras foi utilizada a simbologia: RVS (Resíduo Vítreo da Sucata) e RVL (Resíduo Vítreo do Lixão).

TABELA 2 – IDENTIFICAÇÃO DAS COLETADAS NO PERÍODO DE CHUVAS EM CAMPINA GRANDE-PB

Amostra	Identificação	Procedência/Bairro
RVS1	Resíduo Vítreo de Sucata 1	Monte Santo
RVS2	Resíduo Vítreo de Sucata 2	Prata
RVS3	Resíduo Vítreo de Sucata 3	Centro
RVS4	Resíduo Vítreo de Sucata 4	Catolé
RVS5	Resíduo Vítreo de Sucata 5	Distrito dos Mecânicos
RVS6	Resíduo Vítreo de Sucata 6	Centenário
RVL7	Resíduo Vítreo do lixão 7	Serrotão

Fonte: Pesquisa Direta, 2007.

TABELA 3 – IDENTIFICAÇÃO DAS COLETADAS NO PERÍODO DE ESTIAGEM EM CAMPINA GRANDE-PB

Amostra	Identificação	Procedência/Bairro
RVS8	Resíduo Vítreo de Sucata 1	Monte Santo
RVS9	Resíduo Vítreo de Sucata 2	Prata
RVS10	Resíduo Vítreo de Sucata 3	Centro
RVS11	Resíduo Vítreo de Sucata 4	Catolé
RVS12	Resíduo Vítreo de Sucata 5	Distrito dos Mecânicos
RVS13	Resíduo Vítreo de Sucata 6	Centenário
RVL14	Resíduo Vítreo do Lixão 7	Serrotão

Fonte: Pesquisa Direta, 2007.

MÉTODOS

As amostras foram submetidas à análise bacteriológica e em seguida foi realizada a trituração das mesmas até a granulometria (peneira ABNT N° 200) adequada para a realização das demais técnicas de caracterização: análise química, espectroscopia vibracional de absorção no infravermelho e difração de Raios-X.

Análise bacteriológica

As amostras de resíduos vítreos coletadas nas sucatas e no lixão foram encaminhadas separadamente ao Laboratório da EXTRABES (Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários), localizada no Bairro do Tambor na cidade de Campina Grande-PB.

Todas as amostras coletadas foram pesadas separadamente em balança analítica GT 210-OHAUS e transferidas para os respectivos beakers previamente etiquetados (RVS1, RVS2, RVS3, RVS4, RVS5, RVS6 e RVL7) e (RVS8, RVS9, RVS10, RVS11, RVS12, RVS13 e RVL14), indicando a procedência do resíduo vítreo.

Após a transferência dos resíduos vítreos para os beakers, adicionou-se 100 mL de água destilada a cada becker para a lavagem do material e com o auxílio de um bastão de vidro foi realizada uma lenta agitação, objetivando o melhoramento do processo de lavagem de toda a massa de resíduos vítreos contida em cada becker (APHA. AWWA. WPCF, 1998).

Esta análise foi realizada no período de chuvas (primeira coleta) nas amostras RVS1 a RVL7 e no período de estiagem (segunda coleta) nas amostras RVS8 a RVL14.

A análise bacteriológica foi realizada em períodos distintos com o objetivo de comparar os resultados, ou seja, verificar a influência do clima na proliferação de bactérias.

A água residual advinda do processo de lavagem foi coletada e submetida à filtração em papel de filtro analítico e em seguida encaminhada para a análise bacteriológica (APHA. AWWA. WPCF, 1998). No caso específico deste

trabalho foi realizada apenas a quantificação de coliformes termotolerantes (fecais).

Método da membrana filtrante

Para determinação de coliformes termotolerantes nos resíduos vítreos pelo Método da Membrana Filtrante foi utilizada a seguinte aparelhagem:

Estufa bacteriológica a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$;

- Equipe de filtração Sterifil Millipore;
- Placas de Petry de plástico com 5 ou 6 cm de diâmetro;
- Discos absorventes de 48 mm de diâmetro (quando se usa como meio de cultura o Sulfato de LaurilBrothoxid);
- Membranas filtrante com poros de $0,45 \mu\text{m}$ de diâmetro (Millipore, Hawg 047 SO);
- Pipetas bacteriológicas de 1 a 10ml;
- Bico de Bunsen e pinças Millipore estéreis.

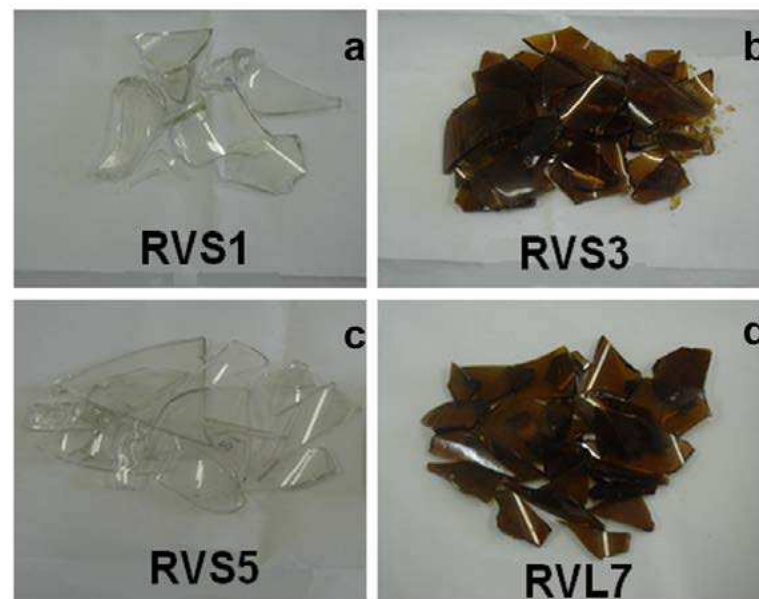
Os filtrados provenientes da primeira filtração feita com papel de filtro qualitativo, foram submetidas a uma segunda filtração em membranas Millipore, $0,45 \mu\text{m}$ de diâmetro. Depois de filtradas e secas, as membranas foram removidas cuidadosamente com auxílio de uma pinça esterilizada ao calor e colocadas sobre os meios de culturas para favorecer o crescimento das bactérias. Os meios de culturas foram preparados antecipadamente e colocados em placas de Petry.

Em seguida as amostras foram incubadas a uma temperatura de $44,5^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Após esse período foi realizada a contagem das unidades formadoras de colônias (UFC).

Caracterização dos Resíduos Vítreos

Após a lavagem dos resíduos vítreos com água destilada e o líquido residual ser analisado quanto à contaminação por coliformes termotolerantes, os resíduos foram secos a temperatura ambiente e beneficiados através de trituração e passadas em peneira ABNT N° 200 para realizar as demais caracterizações, Figura 3(a), (b), (c), (d) e Figura 4.

FIGURA 3 - AMOSTRAS RVS1(A); RVS3(B); RVS5(C) E RVL7(D) PROVENIENTES DAS SUCATAS E DO LIXÃO APÓS LAVAGEM FONTE: PESQUISA DIRETA, 2007.



Fonte: Pesquisa Direta, 2007.

FIGURA 4 - AMOSTRAS TRITURADAS, PRONTAS PARA CARACTERIZAÇÃO



Fonte: Pesquisa Direta, 2007.

Análise química

Nesta análise foi determinada a presença dos seguintes óxidos: SiO_2 , CaO , MgO , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O e Fe_2O_3 .

A análise química foi realizada segundo o Método número 88 do Ministério do Interior, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste-DRN / Divisão de Geologia/SAN, no Laboratório de Análises Mineraias – LAM da Universidade Federal de Campina Grande.

Espectroscopia vibracional de absorção no infravermelho por transformata de Fourier (FTIR)

Os espectros foram obtidos em pastilhas de KBr, prensadas sob vácuo. Os espectros de absorção na região do infravermelho dos resíduos vítreos foram obtidos em pastilhas de 0,007 g de resíduos e 0,1 g de KBr, prensadas a 5

toneladas por 30 segundos. Neste experimento foi utilizado um espectrofotômetro com AVATAR TM 360 ESP Nicolet, na região compreendida entre 4000 e 400cm^{-1} , com resolução de 2cm^{-1} .

Difração de raios-X (DRX)

A análise de difração de raios-X foi realizada em um equipamento SHIMADZU XDR-6000 utilizando radiação de $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40 kV, corrente de 30 A e varredura de $2^\circ < 2\theta < 80^\circ$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO BACTERIOLÓGICA

A preocupação principal em se estudar a contaminação bacteriológica dos resíduos vítreos é propiciar ações de controle sanitário para os trabalhadores envolvidos com a manipulação deste material em suas diferentes fases de beneficiamento e processamento. Nas Tabelas 4 e 5 apresenta-se a cor do vidro coletado e alguns dos parâmetros adotados para caracterização.

TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS (CHUVAS)

Amostra	Peso(g)	Cor	Procedência
RVS1	65,8	Branca	Sucata 1
RVS2	125,7	Branca	Sucata 2
RVS3	107,3	Âmbar	Sucata 3
RVS4	127,5	Branca	Sucata 4
RVS5	44,4	Branca	Sucata 5
RVS6	143,5	Branca	Sucata 6
RVS7	154,7	Âmbar	Lixão 7

Fonte: Pesquisa Direta, 2007

TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS COLETADAS (ESTIAGEM)

Amostra	Peso(g)	Cor	Procedência
RVS8	70,8	Branca	Sucata 1
RVS9	137,7	Branca	Sucata 2
RVS10	100,8	Verde	Sucata 3
RVS11	141,7	Azul	Sucata 4
RVS12	65,3	Branca	Sucata 5
RVS13	130,6	Branca	Sucata 6
RVS14	170,8	Âmbar	Lixão 7

Fonte: Pesquisa Direta, 2007.

Observa-se nas Tabelas 4 e 5, que o peso das amostras de vidro utilizadas para lavagem em água destilada, variou de 44,4g (RVS5) a 170,8g (RVL14) e está associado diretamente ao tamanho dos cacos de vidro coletados. Das quatorze amostras coletadas, a cor branca foi predominante, representando um percentual de 64,3%, enquanto a cor âmbar corresponde a 21,4%.

As Tabelas 6 e 7 apresentam as quantificações da contaminação por coliformes termotolerantes (fecais) em Unidade Formadora de Colônias de Bactérias (UFC), das amostras coletadas nos períodos de chuvas e estiagem, respectivamente, para cada 5mL de volume do filtrado pipetado, proveniente da lavagem das amostras.

TABELA 6 – QUANTIFICAÇÃO DA ANÁLISE BACTERIOLÓGICA NO PERÍODO DE CHUVAS

Amostra	UFC/mL	Cor
RVS1	0,0	Branca
RVS2	$1,0 \cdot 10^3$	Branca
RVS3	$<1,0 \cdot 10^4$	Âmbar
RVS4	$<1,0 \cdot 10^4$	Branca
RVS5	$1,0 \cdot 10^3$	Branca
RVS6	$1,0 \cdot 10^3$	Branca
RVL7	$1,0 \cdot 10^4$	Âmbar

Fonte: Pesquisa Direta, 2007.

TABELA 7 – QUANTIFICAÇÃO DA ANÁLISE BACTERIOLÓGICA NO PERÍODO DE ESTIAGEM

Amostra	UFC/mL	Cor
RVS8	$1,0 \cdot 10^3$	Branca
RVS9	$1,0 \cdot 10^3$	Branca
RVS10	$3,0 \cdot 10^3$	Verde
RVS11	$2,0 \cdot 10^3$	Azul
RVS12	$9,5 \cdot 10^4$	Branca
RVS13	$1,4 \cdot 10^4$	Branca
RVL14	$2,0 \cdot 10^3$	Âmbar

Fonte: Pesquisa Direta, 2007,

Na Tabela 7 verifica-se que a amostra RVS1 não apresenta contaminação por coliformes dentro dos limites da diluição adotada, o que denota uma baixa ou mesmo ausência de concentração de coliformes termotolerantes. Para se entender melhor esse valor de contaminação, nos esgotos sanitários da cidade após tratamento, à redução é na ordem de 10^7 UFC para 10^3 UFC. Isto se justifica pelo grau de higienização estabelecido no processo de coleta e armazenamento dos vidros, ou por outro lado que a água lançada na massa de vidro tenha carregado os microrganismos responsáveis pela contaminação fecal.

Nas amostras RVS3 e RVS4 a concentração de coliformes termotolerantes superou os limites adotados pelo método ($<1,0 \cdot 10^4$ UFC/mL), não sendo possível realizar com precisão a contagem do número de colônias formadas.

As amostras RVS2, RVS5, RVS6, RVS8, RVS9, RVS10, RVS11 e RVL14 apresentam índices indicativos de contaminação de 10^3 UFC, enquanto que as amostras RVL7, RVS12 e RVS13 esse índice elevou-se a 10^4 UFC - Unidade Formadora de Colônias de Bactérias.

No período de chuvas os resultados foram de extremos, tendo RVS1 como amostra não contaminada por bactérias, e as amostras RVS3 e RVS4 com uma contaminação elevada ($<1,0 \cdot 10^4$), impossibilitando a aplicação do método. Nos resultados obtidos para as amostras no período da estiagem, observa-se uma contaminação na ordem de 10^3 UFC para a maioria das amostras e apenas RVS12 e RVS13 apresentando uma contaminação de 10^4 Unidades Formadora de Colônias de Bactérias (UFC).

ANÁLISE QUÍMICA

A Tabela 8 apresenta os resultados em percentagem da composição química das 7 (sete) amostras de resíduos vítreos analisados, no período de chuvas.

TABELA 8 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM (%)

Amostras	RVS1	RVS2	RVS3	RVS4	RVS5	RVS6	RVL7
SiO ₂	67,3	69,5	60,4	67,7	70,5	68,0	70,2
CaO	9,8	8,4	6,2	7,8	8,1	6,4	7,0
MgO	Traços	Traços	1,0	1,2	0,6	3,2	0,8
Al ₂ O ₃	4,7	5,3	3,1	4,5	6,2	2,7	1,7
Na ₂ O	11,7	10,3	11,1	9,2	10,9	11,1	11,1
K ₂ O	0,4	0,1	0,5	0,7	0,9	0,4	0,5
Fe ₂ O ₃	----	----	0,3	----	----	----	0,3

Fonte: Pesquisa Direta, 2007.

Observou-se que os valores de SiO₂ variaram de 60,4% (RVS3) até 70,5% (RVS5), já os valores de CaO variaram de 6,2% (RVS3) até 9,8% (RVS1). No caso do MgO o valor máximo de 3,2% (RVS6), sendo a variação do Al₂O₃ de 1,7% (RVL7) até 6,2% (RVS5). Os valores de Na₂O ficaram entre 9,2% (RVS4) e 11,7% (RVS1) e os do K₂O entre 0,1% (RVS2) e 0,9% (RVS5). Pode-se ainda constatar que as amostras RVS3

e RVL7 de cores âmbar apresentam 0,3% de Fe₂O₃ que proporcionam essa coloração ao vidro.

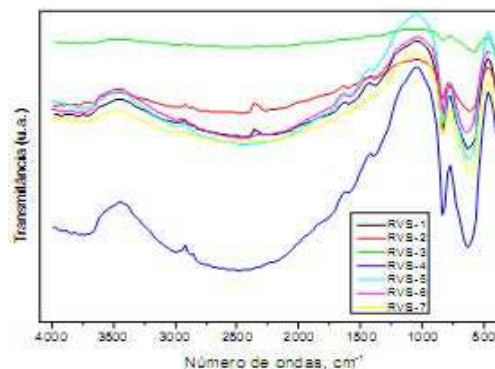
A composição química dos resíduos em percentuais de óxidos indicam que trata-se de vidros de sílica-soda-cal. Poderia ter sido encontrado resíduos de janelas, carros, entre outros, como a demanda de resíduos de sílica-soda-cal nos lixões é bem maior, já era esperado que o resíduo coletado tratava-se desse tipo de resíduo.

Espectroscopia vibracional de absorção na região do infravermelho por transformata de Fourier (FTIR)

A Figura 5 apresenta os espectros vibracionais de absorção no IR das amostras de resíduos vítreos analisados.

Os espectros vibracionais de absorção na região do infravermelho de cada uma das amostras RVS1, RVS2, RVS3, RSV4, RVS5, RVS6 e RVL7 estão apresentados na Figura 5, de onde foram retirados os valores das bandas de absorção apresentados na Tabela 9.

FIGURA 5 - ESPECTROS VIBRACIONAIS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO DAS AMOSTRAS RVS1, RVS2, RVS3, RSV4, RVS5, RVS6 E RVL7



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2007.

Pode-se observar na Tabela 9 que todas as amostras apresentaram uma banda de absorção entre 3200 - 3470 cm^{-1} , características de vibrações de deformação (n) relativas ao grupo Alanol (Al – OH).

A amostra RVS1 apresentou valor mínimo de 3425 cm^{-1} , já para as amostras RVS3 e RVL7 o valor máximo foi de 3464 cm^{-1} .

TABELA 9 – PRINCIPAIS BANDAS DE ABSORÇÃO NO INFRAVERMELHO DAS AMOSTRAS DE RESÍDUOS VÍTREOS

Amostras	Atribuições			
	$\nu(\text{Al-OH})$	$\delta(\text{Si-O-H})$	$\delta(\text{Si-O})$	$\nu(\text{Al-O})$
RVS1	3425	2916(m)	1041	771(F)
RVS2	3456	2923(F)	1049	771(F)
RVS3	3464	2924(F)	1068	779(F)
RVS4	3465	2924(F)	1049	771(F)
RVS5	3444	2935(F)	1056	771(F)
RVS6	3444	2912(f)	1029	779(F)
RVL7	3464	2931(m)	1052	771(F)

Fonte: Pesquisa Direta, 2007.

As amostras apresentaram um pico entre 2850 - 2950 cm^{-1} referente a vibrações de estiramento (d) do Si–O–H (ZELINSKI, PIOTROWSKI e PIEKOS, 2007).

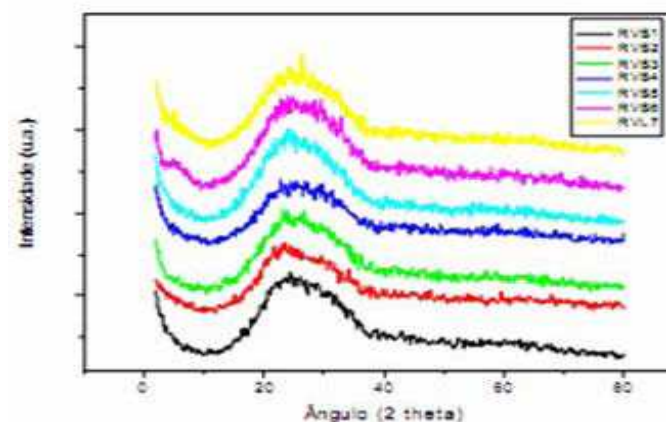
A amostra RVS6 apresentou valor mínimo de 2912 cm^{-1} , enquanto o valor máximo de 2935 cm^{-1} foi apresentado pela amostra RVS5. Com exceção da amostra RVS6 que apresentou uma banda de absorção de 1029 cm^{-1} , todas as demais amostras apresentaram uma banda em torno de 1060 cm^{-1} proveniente da absorção de vibrações de estiramento (d), Si-O. Na faixa de 400 - 1000 cm^{-1} todas as amostras apresentaram picos, umas até apresentaram dois bem evidentes de

779 cm^{-1} (RVS3 e RVS6) que são atribuídos às vibrações de deformação ou flexão (n) do óxido de alumínio.

DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Os difratogramas não apresentaram picos bem definidos, que seriam característicos de uma amostra cristalina, no entanto apresentaram bandas entre 10° a 40°, características de materiais predominantemente amorfos (SANTOS, 1989). A Figura 6 apresenta todos os difratogramas das amostras RVS1, RVS2, RVS3, RVS4, RVS5, RVS6 e RVL7.

FIGURA 6 – DIFRAÇÃO DE RAIOS-X DAS AMOSTRAS COM VARREDURA DE $2^\circ < 2\theta < 80^\circ$



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2007.

CONCLUSÕES

As amostras apresentaram valores da contaminação por coliformes termotolerantes nos dois períodos (chuvas

e estiagem) na ordem de 10^3 , 10^4 e $<10^4$ UFC. Para entender melhor esse valor de contaminação, nos esgotos sanitários da cidade após tratamento, a redução é na ordem de 10^7 UFC para 10^3 UFC. Com esse nível de contaminação se possibilita a utilização dessa água apenas na irrigação e algumas atividades humanas sem prejuízos para saúde.

A amostra RVS1 que não apresentou contaminação pela bactéria pode ter sido beneficiada pelo período das chuvas, quando a água lançada na massa de vidro tenha carregado os microrganismos responsáveis pela contaminação fecal.

Em ambos os períodos de coleta dos resíduos vítreos, se fez necessário uma lavagem prévia desses materiais com água corrente e clorada, o que reduziu ao máximo o nível da contaminação verificada, podendo também ser utilizados EPI's que irá prevenir os catadores de serem contaminados por essas bactérias.

Os resíduos vítreos analisados apresentaram na composição química percentuais mais elevados dos óxidos de silício, sódio e cálcio, o que indica tratar-se de vidros do tipo sílica-soda-cal.

As amostras apresentaram uma banda de absorção entre $3200 - 3470 \text{ cm}^{-1}$, características de vibrações de deformação (ν) relativas ao grupo Alanol (Al-OH). Constatou-se um pico entre $2850 - 2950 \text{ cm}^{-1}$ referente a vibrações de estiramento do Si-O-H.

Todas as amostras, com exceção da amostra RVS6 (1029 cm^{-1}), apresentaram banda em torno de 1060 cm^{-1} proveniente da absorção de vibrações de estiramento (δ), Si - O.

Na faixa de $400 - 1000 \text{ cm}^{-1}$ todas as amostras apresentaram picos, umas até apresentaram dois evidentes de 779

cm^{-1} (RVS3 e RVS6) que são atribuídos às vibrações de deformação ou flexão (ν) do óxido de alumínio. Os difratogramas das amostras de resíduos vítreos apresentaram bandas características de materiais predominantemente amorfos.

Os resíduos vítreos analisados por tratar-se de vidros do tipo sílica-soda-cal, se prestam à reciclagem e/ou reutilização, podendo retornar as indústrias como matéria-prima nobre; serem inseridos em massas cerâmicas, em pavimentações, em hidroponia, entre outras aplicações, minimizando assim a exploração das matérias-primas naturais necessárias a fabricação destes materiais. Deve-se ressaltar a importância na higienização desses materiais antes do manuseio ou da manipulação dos mesmos, tendo em vista o risco que correm os trabalhadores envolvidos na cadeia produtiva do vidro.

REFERÊNCIAS

ABIVIDROS - Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automotivas de Vidro. Boletim Informativo, 2005.

APHA. AWWA. WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington, D. C.: American Public Health Association. 1998.

AZAMBUJA, J. R. Edição Integrada nas Comemorações dos 250 anos da Indústria do vidro, 1998.

JORNAL DA PARAÍBA. O Problema do Lixo em Campina Grande, Reportagem: 15/10/2005.

OLIVEIRA, N. M. S. Caracterização Gravimétrica dos Resíduos Sólidos, Classificação e Diagnóstico dos Resíduos Vítreos ge-

rados no município de Campina Grande-PB. (Dissertação de Mestrado) 2007.


RECICLOTECA - Centro de Informações sobre Reciclagem e Meio Ambiente. Conheça sua embalagem de vidro. Informativo Recicloteca nº. 3, p.6, 2005.

SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. (Org.) - Resíduos sólidos, ambiente e saúde uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2000.

ZEGLINSKI, J.; PIOTROWSKI, G. P.; PIEKOS, R. A study of interaction between hydrogen peroxide and silica gel by FTIR spectroscopy and quantum chemistry.1984.Fonte: www.lucidarte.com.br, acesso em 15 de junho de 2007.

CAPÍTULO 6

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDRO PLANO PARA OBTENÇÃO DE MASSAS CERÂMICAS



Hallysson Cunha Nascimento
María do Socorro Lopes Cavalcanti
Elmer Ulbaldo Mesquita
Crislene Rodrigues da Silva Moraes
Lisiane Navarro de Lima Santana

6

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDRO PLANO PARA OBTENÇÃO DE MASSAS CERÂMICAS

Hallysson Cunha Nascimento

Maria do Socorro Lopes Cavalcanti

Elmer Ulbaldo Mesquita

Crislene Rodrigues da Silva Morais

Lisiane Navarro de Lima Santana

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo propor a reciclagem de resíduos de vidros planos na formulação de massas cerâmicas, em substituição parcial do feldspato, que atua como fundente. Para realização da pesquisa foram caracterizados os resíduos vítreos e as matérias-primas que compõem as denominadas massas cerâmicas triaxiais (argila, caulim, quartzo e feldspato) utilizando técnicas como análise química, infravermelho, difração de raios-X, análise térmica diferencial e distribuição granulométrica. Dentre os resultados encontrados verifica-se que o resíduo vítreo possui maior teor de fundentes e teor similar de sílica podendo ser utilizado para substituir parcialmente o feldspato na formulação das massas.

Palavras-chave: Resíduos vítreos. Reciclagem. Vidros. Caracterização. Massa cerâmica.

INTRODUÇÃO

A reciclagem dos rejeitos gerados pelas indústrias para uso como matérias primas alternativas não é nova, e tem sido efetuada com sucesso em vários países. As razões que motivam esses países, em geral, são: o esgotamento das reservas confiáveis; a conservação de fontes não renováveis; melhoria da saúde e segurança da população; a preocupação com o meio ambiente e a necessidade de compensar o desequilíbrio econômico provocado pela alta do petróleo, notadamente nos países onde há marcante escassez de matérias-primas (ENBRI, 1994).

Os depósitos de rejeitos não podem continuar sendo vistos como a solução mais adequada, pois quando esses rejeitos são estocados em aterros sanitários industriais, eles roubam espaço físico, degradam a natureza e apresentam risco permanente de contaminação do meio ambiente (VIOLA, LEIS, 1991).

Dentre os resíduos sólidos que são coletados, estima-se que cerca de 3% corresponde ao vidro (CEMPRE, 2006). O Brasil produz em média 800 mil toneladas de vidro por ano, sendo que desse total 220.000 t/ano são recicladas, o que corresponde a 27,6% do total gerado. Este índice de reciclagem de vidro tem crescido a cada ano, no ano de 2003, o percentual chegou a alcançar 45% (ABIVIDRO, 2006).

A reciclagem desses materiais consiste em utilizar vidros que já foram descartados como fonte de manufatura de novos materiais. Esse sistema de tratamento contribui para preservar os recursos naturais e diminuir a poluição. O reaproveitamento de resíduos vítreos, além de reduzir o

impacto ambiental, pode contribuir para a fabricação de novos produtos e para a diminuição dos custos finais de sua produção (RECICLOTECA, 2006).

O vidro é um material completamente reciclável e a sua reciclagem, além de provocar benefícios de ordem econômica e social é uma atividade geradora de renda para a população, através da venda do material beneficiado para as indústrias vidreiras ou de sua produção artesanal, também pode gerar benefícios ambientais sem caráter local e global (GODINHO, HOLANDA e SILVA, 2005).

Além disso, durante o processo de fusão do vidro não ocorre praticamente perda de material, isso significa dizer que, para cada tonelada de caco de vidro limpo, obtêm-se uma tonelada de vidro novo, com isso, cerca de 1,2 toneladas de matéria-prima deixa de ser consumida (CEMPRE e ABIVIDRO, 2006).

O resíduo vítreo é um material facilmente acessível, e seu uso em uma formulação de massa cerâmica, conduz a uma forte redução da temperatura de fusão destas. Outra vantagem importante do uso de caco de vidro é seu baixo nível de óxidos corantes como ferro e titânio, o que promove uma brancura excelente aos produtos (RICCO, 1993).

Nos últimos tempos o vidro tem despertado grande interesse nos pesquisadores pelas propriedades que esboçam. Há inúmeros estudos sobre a incorporação de resíduos de vidro em produtos diversos. Pesquisas recentes apontam várias alternativas tecnológicas para reciclagem desses materiais. A incorporação de resíduo de vidro a produtos fabricados à base de argila é uma alternativa considerada natu-

ral, devido à compatibilidade entre a composição química destes produtos.

O vidro plano por possuir composição química diferente e menor demanda do que os vidros de embalagens, não são considerados recicláveis, no entanto, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com resultados satisfatórios para o seu reaproveitamento, tais como: isolante térmico; substituição de cascalho na pavimentação asfáltica; uso de material fragmentado como substrato para sustentação de raízes e meio de retenção de água em hidroponia (ASSIS, 2006).

A substituição parcial do feldspato por caco de vidro (soda-cal) tem sido estudada em diversos trabalhos (MORELLI e BALDO, 2003 (2004); SMITH, 2004).

Pesquisas realizadas recentemente revelam que o vidro em Campina Grande-PB, não é praticamente reciclado. Sem uma política de controle nessa ordem, mais de 80 toneladas de vidro seriam jogadas no lixo de Campina Grande, todos os meses, podendo ser reaproveitados para reciclagem (JORNAL DA PARAÍBA, 2005).

O presente trabalho insere-se na proposta da utilização racional dos recursos naturais não renováveis. Tendo como objetivo realizar uma pesquisa ampla que contempla ao mesmo tempo as necessidades de mercado, desenvolvendo massas cerâmicas economicamente viáveis e com propriedades tecnologicamente recomendadas, e também busca alternativas ambientais para a reciclagem dos resíduos vítreos do município de Campina Grande-PB, proporcionando a redução de custos de limpeza urbana e a diminuição do volume do lixo em aterros sanitários.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

No desenvolvimento dessa pesquisa foram utilizadas matérias-primas convencionas e resíduos vítreos.

As matérias-primas convencionais utilizadas nesta pesquisa foram:

- Quartzo proveniente do município de Parelhas – RN;
- Caulim proveniente da cidade do Junco do Seridó – PB;
- Feldspato proveniente da cidade de Parelhas – RN;
- Argila “Ball Clay” proveniente do município de Oeiras - PI.

As amostras foram fornecidas pela Indústria Arnil Minérios, localizada na Cidade de Parelhas – RN.

Os resíduos vítreos utilizados nesta pesquisa foram:

- Rejeito de vidro plano proveniente da cidade de Campina Grande – PB, fornecida pela Empresa Vidraçaria Mauricelha.

MÉTODOS

As matérias-primas convencionais fornecidas pela Arnil Mineradora vieram beneficiadas em peneira ABNT N° 200. Já os rejeitos de vidros foram primeiramente lavados para retirada de impurezas e depois seco a temperatura ambiente, posteriormente triturados em almofariz e passadas em peneira ABNT N° 200 (74 µm). As matérias-primas convencionais e os resíduos vítreos foram submetidos às técnicas de caracterização abaixo relacionadas.

- **Análise Química** - A análise química foi conduzida, segundo o método número 88 do Ministério do Interior – Superintendência do desenvolvimento do Nordeste – DRN/ Divisão de Geologia / SAN. A referida análise foi realizada no Laboratório de Análises Mineraias da Universidade Federal de Campina Grande.

- **Difração de Raio-X (DR-X)** - A difração de raios-X foi feita em um equipamento SHIMADZU XDR-6000 utilizando radiação de $CuK\alpha$, com comprimento de onda λ de 1,5418Å, tensão de 40 KV, corrente de 30mA sendo a velocidade de varredura de 2.0 (graus/min).

- **Análise Térmica Diferencial (DTA)** - As análises térmicas diferencial e termogravimétrica foram realizadas em aparelho de análises térmicas da BP Engenharia, modelo RB 3000, obtidas em atmosfera de nitrogênio, com velocidade de aquecimento 12,5 °C/min, em atmosfera a Ar e com temperatura máxima de 1.000°C.

- **Espectroscopia no Infravermelho** - Os espectros de absorção na região do infravermelho das argilas serão obtidos em pastilhas de 0,007 g de argila e 0,1 g de KBr prensadas a 5 toneladas por 30 segundos. Neste experimento será utilizado um espectrofotômetro com AVATAR TM 360 ESP Nicolet, na região compreendida entre 4000 e 400 cm^{-1} , com resolução de 2 cm^{-1} .

- **Análise Granulométrica** - Para a realização deste tipo de caracterização, as matérias-primas obtidas foram desaglomeradas em peneira ABNT N° 200 (abertura 74 μm), dispersos em água destilada com ultrassom durante 5 minutos, e em seguida, foram analisados em uma fase líquida associado com um processo de medida a laser, em um equipamento da marca CILAS 1064L.

Essas análises foram realizadas no Laboratório de Caracterização de Materiais da UAEMA da Universidade Federal de Campina Grande.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE QUÍMICA

A Tabela 1 apresenta a composição química das matérias-primas convencionais estudadas, argila Ball Clay, caulim, quartzo, feldspato e do resíduo de vidro plano. Através dos resultados observa-se que a argila Ball Clay apresenta alto teor de Fe_2O_3 (7,03%), pois as matérias-primas foram utilizadas para obter massa de cerâmica branca. O caulim apresenta teores de SiO_2 e de Al_2O_3 de 48,73% e 35,20%, respectivamente, que são valores típicos. O quartzo apresenta composição padrão de 98,14% de SiO_2 . O feldspato apresenta 6,05% de K_2O o que indica ser feldspato potássico. O resíduo vítreo possui características de vidro de soda-cal de acordo com os valores dos seus óxidos.

TABELA 1 – ANÁLISE QUÍMICA DAS MATÉRIAS-PRIMAS E DO RESÍDUO VÍTREO

Amostras	P.F. (%)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	K_2O (%)	TiO_2 (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na_2O (%)	R.I. (%)
Argila	9,02	50,30	25,50	7,03	3,87	1,80	0,15	1,08	0,75	nd
Caulim	13,27	48,73	35,20	0,4	1,33	traços	traços	0,13	0,3	nd
Quartzo	0,09	98,14	traços	traços	0,04	nd	traços	traços	0,02	0,60
Feldspato	0,39	64,68	23,91	traços	6,05	nd	traços	traços	1,69	2,06
Resíduo Vítreo	0,17	69,76	8,54	traços	0,02	nd	5,60	3,43	7,90	2,94

P.F. – perda ao fogo, R.I. – resíduos insolúveis, nd – não determinado

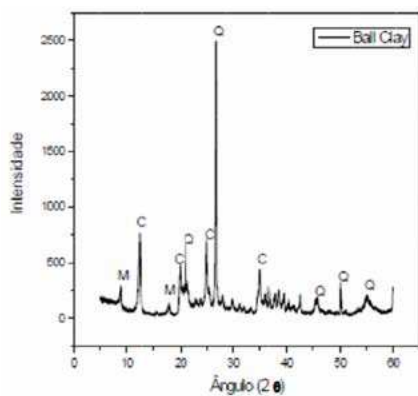
Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Através dos difratogramas apresentados podemos identificar de forma rápida e confiável a composição mineralógica em materiais argilosos. Na Figura 1 observa-se que as distâncias interplanares da *Ball Clay* são características dos argilominerais M (mica), C (caulinita) e Q (quartzo), sendo a caulinita, mica e quartzo evidenciada através das suas distâncias interplanar basal d001 de (7,13; 9,93 e 3,34Å, respectivamente). Nas Figuras 2 e 3 as distâncias interplanares são características dos argilominerais caulinita e quartzo respectivamente ficando assim evidenciado que as matérias-primas se tratam do caulim e do quartzo, segundo Santos (1989).

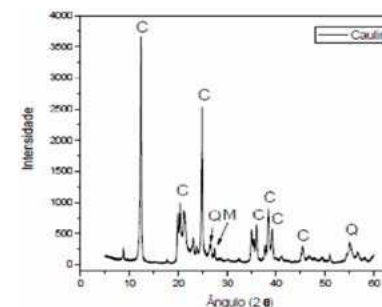
A Figura 4 é de difícil identificação, mas os resultados corroboram com os obtidos na análise química, na qual observa-se o alto teor de K_2O , o que justifica as distâncias interplanares presentes nos argilominerais de Fp (Feldspato Potássico) (SOUSA e MELO; 2005).

FIGURA 1 – DIFRATOGRAMA DE RAIOS –X DA AMOSTRA DA ARGILA BALL CLAY



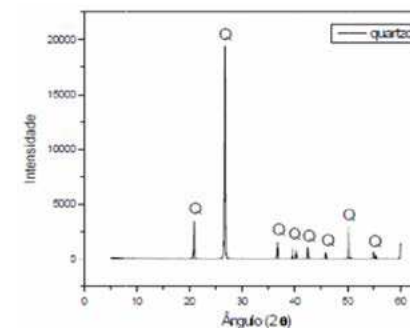
Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

FIGURA 2 – DIFRATOGRAMA DE RAIOS –X DA AMOSTRA DA ARGILA CAULIM



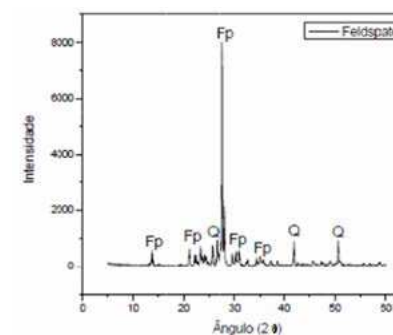
Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

FIGURA 3 – DIFRATOGRAMA DE RAIOS –X DA AMOSTRA DE QUARTZO



Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

FIGURA 4 – DIFRATOGRAMA DE RAIOS –X DA AMOSTRA DE FELDSPATO



Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

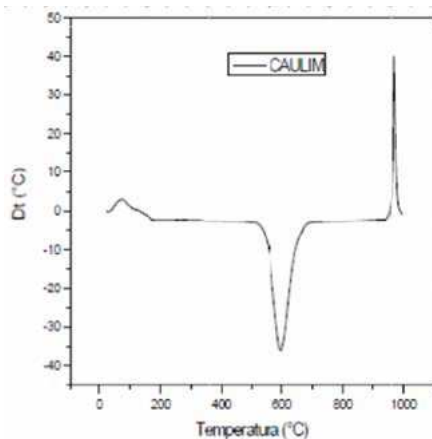
ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL

Através da curva DTA da Figura 5 observa-se que a amostra Ball Clay apresenta picos endotérmicos a 128°C, característico de água livre e adsorvida, a 597°C, característico da perda de hidroxilas, antes deste pico observa-se a presença de matéria orgânica e pequeno pico exotérmico a 963°C, característico da nucleação de mulita.

A curva DTA da amostra de caulim na Figura 6 apresenta pico endotérmico a 615°C característico da perda de hidroxilas e pico exotérmico a 971°C, característico da nucleação de mulita.

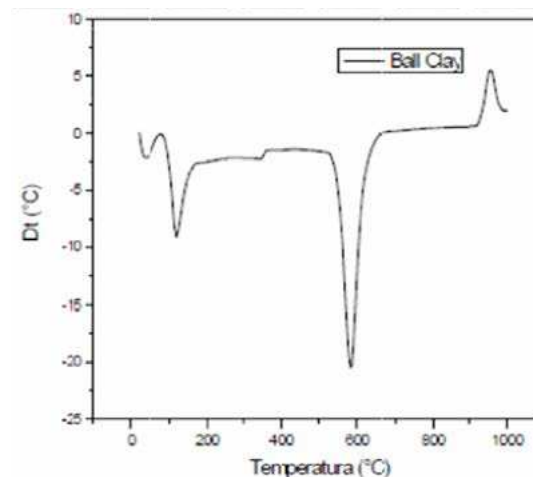
Na Figura 7 a curva DTA da amostra de Quartzo apresenta picos endotérmicos a 145°C, característico de água livre e adsorvida e a 562°C, característico da transformação de quartzo α para quartzo β .

FIGURA 5 – CURVA DTA DA AMOSTRA DE CAULIM, OBTIDA A RAZÃO DE AQUECIMENTO DE 12,5° C/MIN, EM AR



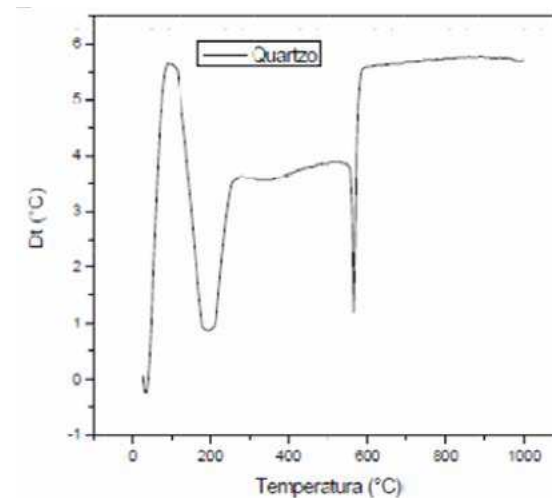
Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

FIGURA 6 – CURVA DTA DA AMOSTRA DA ARGILA BALL CLAY, OBTIDA A RAZÃO DE AQUECIMENTO DE 12,5° C/MIN, EM AR



Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

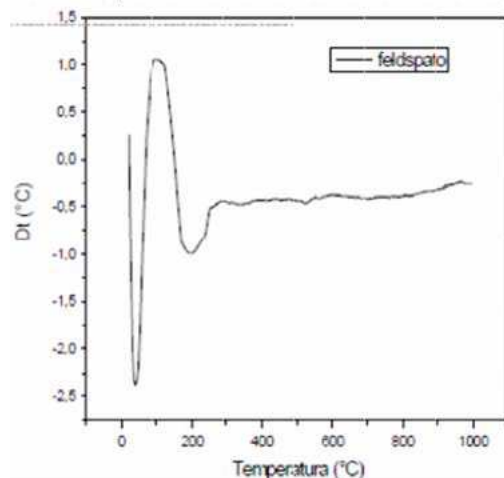
FIGURA 7 – CURVA DTA DA AMOSTRA DO QUARTZO, OBTIDA A RAZÃO DE AQUECIMENTO DE 12,5° C/MIN, EM AR



Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

Para amostra Feldspato na Figura 8 a mesma apresenta uma curva típica de um feldspato (SOUTO et. al., 2000).

FIGURA 8 – CURVA DTA DA AMOSTRA DE FELDSPATO, OBTIDA A RAZÃO DE AQUECIMENTO DE 12,5° C/MIN, EM AR

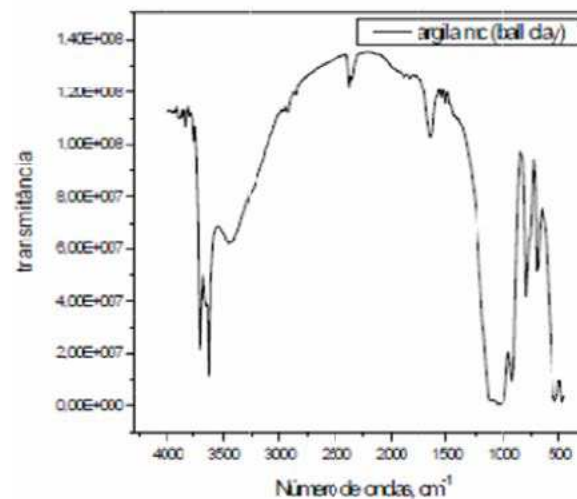


Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO

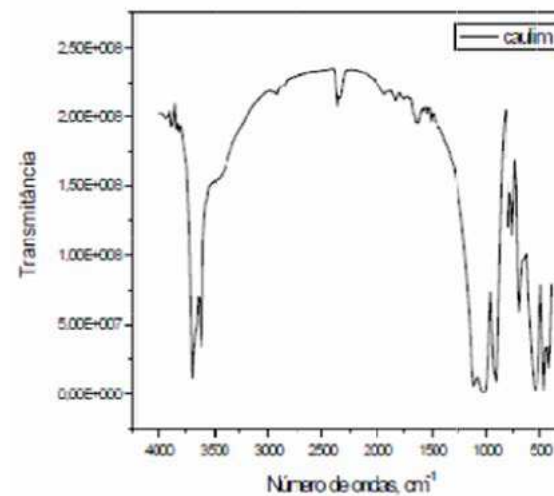
De acordo com as Figuras 9 e 10 as matérias-primas Ball Clay e caulim apresentam bandas na região de 3626 - 3700 cm^{-1} , estas bandas são atribuídas as vibrações de estiramento do grupo estrutural hidroxila e do grupo OH referente à água adsorvida presente na argila. As bandas de 3430 – 3450 cm^{-1} , na literatura dizem respeito ao alumínio compensado por sódio e hidrogênio. Na região entre 1004 - 1045 cm^{-1} características das ligações Si-O-Si e em torno de 915 e 523 cm^{-1} correspondentes às camadas octaédricas do aluminossilicato Si-O-Al (MCWHINNIE, et. al. 1995 e MADEJOVÁ, 2003).

FIGURA 9 – ESPECTROS NO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA BALL CLAY



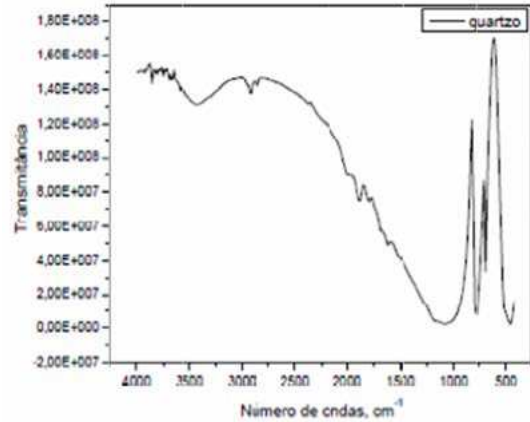
Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

FIGURA 10 – ESPECTROS NO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA CAULIM



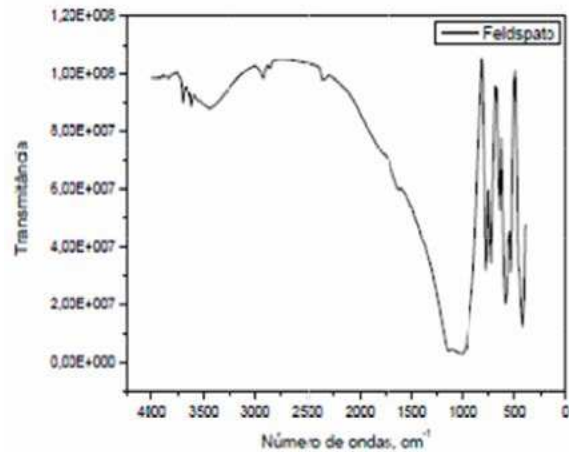
Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

FIGURA 11 – ESPECTROS NO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA QUARTZO



Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

FIGURA 12 – ESPECTROS NO INFRAVERMELHO DA AMOSTRA DE FELDSPATO



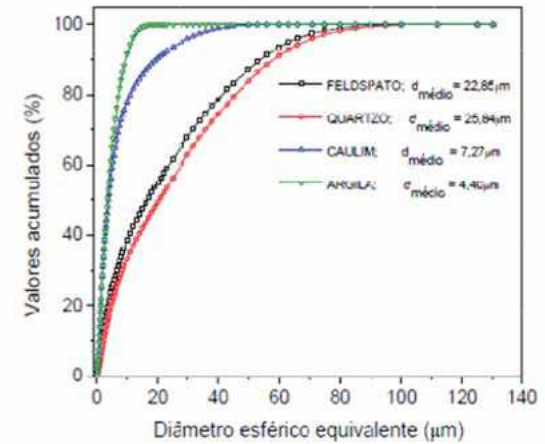
Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

De acordo com as Figuras 11 e 12 as principais bandas presentes que estão na região entre 1004-1045 cm^{-1} possuem características das ligações Si-O-Si.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Na Figura 13 as curvas de caulim que possui diâmetro médio das partículas de 4,40 μm e a argila Ball Clay com 7,27 μm possuem distribuição granulométrica mais estreita do que as curvas de quartzo com 25,84 μm e feldspato com 22,85 μm , tendo estas uma distribuição mais larga.

FIGURA 13 – ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DAS AMOSTRAS DE BALL CLAY, CAULIM, QUARTZO E FELDSPATO



Fonte: Pesquisa Direta, 2005.

A granulometria das matérias-primas influencia o teor de defloculante necessário para a massa cerâmica, sendo quanto menor a granulometria, maior a sua área específica, maior a quantidade de defloculante necessária, influenciando assim nas suas propriedades. A granulometria dos resíduos vítreos também influencia propriedades, como tensão de ruptura e resistência à compressão (LÓPES, AZEVEDO e NETO, 2005).

CONCLUSÕES

Após a realização das diferentes técnicas de caracterização utilizadas e mediante os resultados obtidos, conclui-se que:

- Resíduo vítreo possui maior teor de fundentes e teor similar de sílica podendo ser utilizado para substituir parcialmente o feldspato na formulação das massas.
- Através do difratogramas dos argilominerais verificamos que as amostras foram identificadas como previsto, demonstrando ser argila Ball Clay, caulim, quartzo e feldspato.
- As curvas DTA das amostras apresentaram picos endotérmicos e exotérmicos característicos de cada material.
- Os espectros de infravermelho (FTIR) das matérias-primas ilustraram bem as bandas de frequência, apresentando vibrações características de cada material.
- As curvas de caulim e Ball Clay possuem distribuição granulométrica mais estreita do que as curvas de quartzo e feldspato possuindo estas uma distribuição mais larga.

REFERÊNCIAS

VIOLA, E. J. e LEIS, H. R. Desordem Global da Biosfera e a Nova Ordem Internacional: O Papel Organizador de Ecologismo In. *Ecologia e Política Mundial*, p. 23 – 49. 1991.

ABIVIDRO - Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automotivas de Vidro. Boletim Informativo, 2003. Disponível em: <http://www.abividro.org.br> acesso em 25 de agosto de 2006.

ASSIS, O. B. G. O uso de vidro reciclado na confecção de membranas para microfiltração. *Cerâmica Industrial*. São Paulo. Br. v.11, n.53, p.105-113, 2006.

CEMPRE, Compromisso Empresarial para a Reciclagem. 2006. Disponível em: <http://www.cempre.org.br> acesso em: 06 maio de 2006.

ENBRI (1994), "Development of a framework for environmental assessment of building materials and components" (ENBRI Proposal to European Community Brite Euram Program). 1. SAUTEREY, R. *Proceedings Aiaeenpc* 1. v, 37. 1978.

GODINHO, K. O; HOLANDA, J. N; SILVA, A. G. P. *Cerâmica* 5, p. 419-427. 2005.

JORNAL DA PARAÍBA. O Problema do Lixo em Campina Grande, Reportagem: 15/10/2005.

LÓPES, D. A. R.; AZEVEDO, C. A. P.; NETO, E. B. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino. *Cerâmica Industrial*. São Paulo, Br, v.10. n.51, p.318-324, 2005.

MADEJOVÁ, J. FTIR: techniques in clay mineral studies. *Vibrational Spectroscopy*. v.31, p. 1-10, 2003.

MCWHINNIE, W. R.; BREAKWELL, I. K.; HOMER, J.; LAWRENCE, M. A. M. Studies of organophilic clays: the distribution of quaternary ammonium compounds on clays surfaces and the role of impurities. *Polyhedron*. v.14, p.2511-2518,1995.

MORELLI, A. C.; BALDO, J. B. Barbotinas Cerâmicas Contendo Rejeito de Vidros Soda Cal para Maturação em Baixa Temperatura. *Cerâmica Industrial São Paulo*. Br.v.8, n.3, p.42-46, 2003.

MORELLI, A. C.; BALDO, J. B. Um Novo Defloculante para Barbotinas do Triaxial. *Cerâmica industrial*. São Paulo. BR. v.9, n.3, p.30-34, 2004.

RECICLOTECA - Centro de Informações sobre Reciclagem e Meio Ambiente. Conheça sua embalagem de vidro. Informativo Recicloteca n. 3, p.6. Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br> acesso em 24 de abril de 2006.

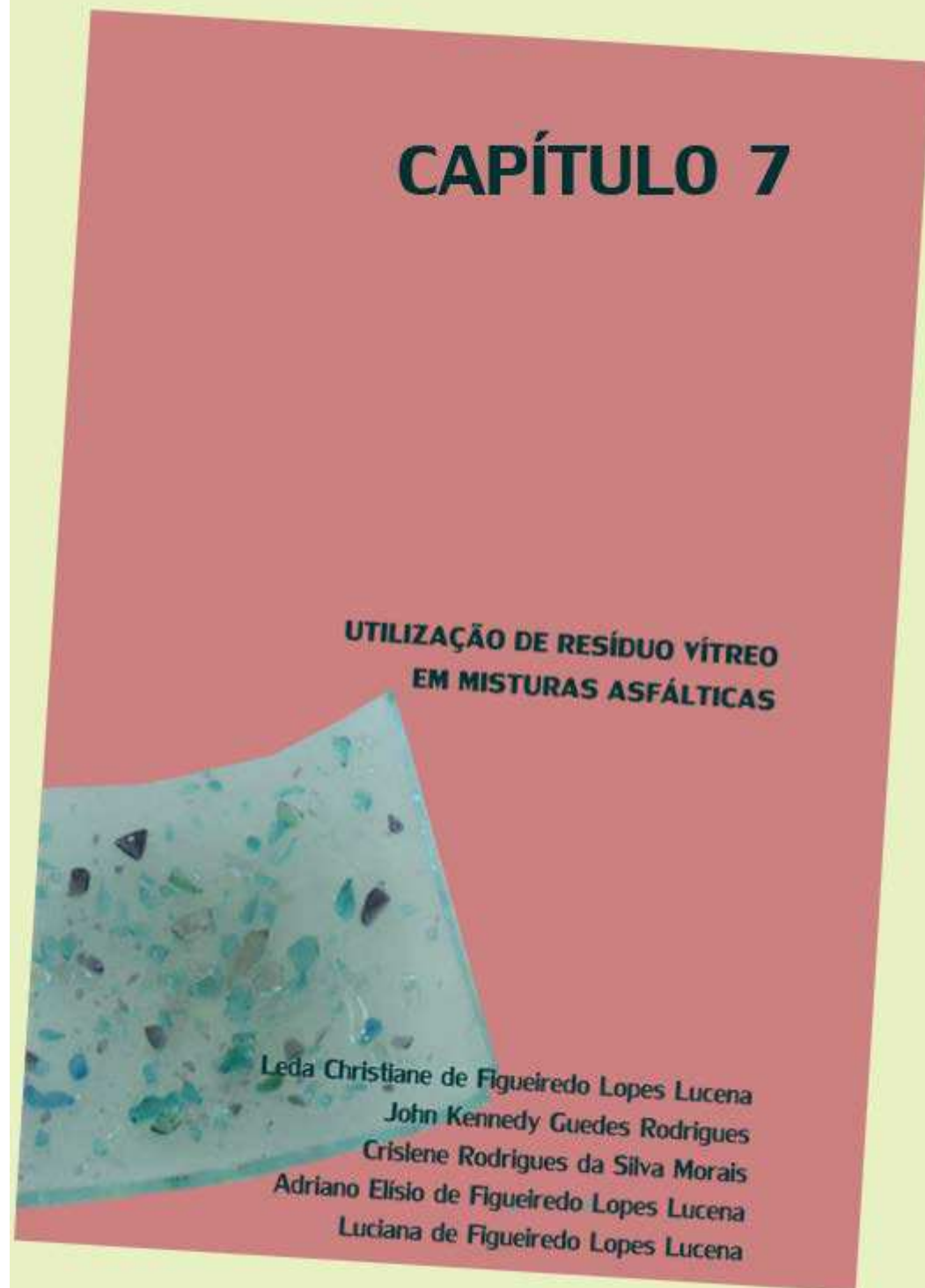
RICCO, S. Coleta Seletiva e Reciclagem. Resíduos Sólidos e Meio Ambiente no Estado de São Paulo/Secretaria do Meio Ambiente, Coordenadoria de Educação Ambiental. 1993.

SANTOS, P. S. Ciência e Tecnologia das Argilas. 2ª edição revista e ampliada. v. 1, São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1989.

SMITH, A.S. Proceedings of Sustainable waste management and recycling: glass waste, p.149-165. 2004.

SOUSA, M. R; MELO, M. A. F. Formulações de massas cerâmicas de base branca, utilizando matéria-prima do estado do Rio Grande do Norte. 49 – Congresso brasileiro de cerâmica. São Pedro. 2005.

SOUTO, P. M.; AMORIM, L.V; NEVES G.A.; FERREIRA, H.C. Utilização de rejeitos da serragem de granitos em massas para grés sanitário. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 14. Anais, São Pedro-SP. 2000.



7

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO VÍTREO EM MISTURAS ASFÁLTICAS

Leda Christiane de Figueiredo Lopes Lucena

John Kennedy Guedes Rodrigues

Crislene Rodrigues da Silva Morais

Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena

Luciana de Figueiredo Lopes Lucena

RESUMO

A iminente necessidade do desenvolvimento sustentável em prol da preservação dos recursos naturais tem levado a pesquisa da reutilização de materiais, outrora descartados no meio ambiente, em diversas cadeias produtivas. Os materiais reincorporados devem agregar aos produtos propriedades similares àquelas obtidas quando utilizados os materiais convencionais. Uma das linhas de aproveitamento dos rejeitos industriais é a pavimentação. A substituição de materiais convencionais por resíduos oriundos de atividades industriais tem como intuito promover o desenvolvimento sustentável sem comprometer a estabilidade mecânica, física e química das misturas asfálticas. Apesar de o vidro ser 100% reciclável, os vidros planos não se enquadram nesta categoria, pois podem induzir o aparecimento de trincas nos produtos reciclados. Os resíduos gerados durante o processamento de vidros planos

promovem um desperdício de material que poderia ser utilizado como filler ou material de drenagem. Deste modo, procurou-se utilizar o resíduo vítreo em substituição aos filleres convencionais. Para avaliar a eficácia de sua utilização foi fixado o teor de Cimento Asfáltico de Petróleo e variado a proporção de resíduo vítreo. Através do ensaio Marshall e de Tração Diametral pode-se observar a eficácia da utilização de tal resíduo em obras de pavimentação e deste modo minimizar a quantidade de resíduo lançada ao meio ambiente.

Palavras-Chave: Misturas asfálticas. Resíduo. Vidro.

INTRODUÇÃO

A necessidade do desenvolvimento sustentável em prol da preservação dos recursos naturais tem levado a pesquisa da reutilização de materiais, outrora descartados no meio ambiente, em diversas cadeias produtivas.

Os materiais reincorporados devem agregar aos produtos propriedades similares às aquelas obtidas quando utilizados os materiais convencionais. Uma das linhas de aproveitamentos dos rejeitos industriais é a pavimentação.

O reuso de agregados primários ou o uso de resíduo de materiais na pavimentação asfáltica tem acarretado grande benefício à sociedade. Agregados provenientes do ferro e do aço ou do vidro moído têm sido considerados bons substitutos dos agregados convencionais, pois apresentam propriedades físicas semelhantes e podem ser facilmente processados, britados e reduzidos a tamanhos adequados à produção de misturas asfálticas de base e de revestimento (AIREY et. al., 2004).

A malha rodoviária brasileira constitui a principal via de circulação de bens e pessoas do país. Dentre os 1.670.000 km de estradas existentes, apenas 8% são pavimentadas. A grande maioria das rodovias pavimentadas no Brasil é de recobrimento asfáltico (LEITE apud SILVA et al, 2002).

Apesar da grande relevância que este tipo de malha tem para o crescimento econômico do país, as rodovias, sejam estaduais ou federais, encontram-se em estado precário acarretando riscos aos seus usuários, bem como dispêndio financeiro aos órgãos administrativos com suas constantes manutenções.

A substituição dos filleres convencionais por resíduos oriundos de atividades industriais tem como intuito promover o desenvolvimento sustentável sem comprometer a estabilidade mecânica, física e química das misturas asfálticas.

O filler é definido como material de enchimento proveniente da trituração de agregados graúdos e miúdos e não plástico e passa pelo menos 65% na peneira de 75µm de abertura. Sua finalidade é melhorar o desempenho reológico, mecânico, térmico e a sensibilidade à presença da água. Entre os filleres comumente utilizados encontram-se a cal e o cimento Portland (LUCENA et al., 2004).

A preocupação com os resíduos oriundos das atividades industriais e a sua inserção, novamente, no ciclo produtivo é uma atividade datada da década de 80, ao contrário do que ocorre em países como os Estados Unidos e países europeus como a Alemanha e a Holanda que fazem uso desta prática desde a década de 60.

A adoção de uma política de incentivo para o reaproveitamento dos bens minerais descartados pelas obras civis pode

reduzir a quantidade de minerais extraídos das jazidas e, conseqüentemente, diminuir o impacto ambiental pela reutilização e reciclagem dos rejeitos minerais (OLIVEIRA, 2002).

Segundo dados da ABIVIDRO (2006) são produzidas 2.130 toneladas de vidro por ano no Brasil. Todavia, apenas 43% destes sofrem um processo de reciclagem, enquanto em países da Europa esse percentual chega a 75%.

Apesar de o vidro ser 100% reciclável ele não é biodegradável o que torna-se um grande problema ambiental quando simplesmente descartado, pois há o acúmulo de grande quantidade desse material que não é absorvido pela natureza em aterros sanitário (VASQUES et al., 2006).

De acordo com Ayrei et al., (2004) a busca pelo desenvolvimento sustentável tem levado a procura de incorporar rejeitos na pavimentação como forma de diminuir o desperdício gerado com o uso indiscriminado dos agregados convencionais.

Esta pesquisa teve por objetivo analisar a eficácia da incorporação de resíduos de material vítreo como filler, com o auxílio da utilização do ensaio Marshall e do ensaio de tração diametral a fim de atender o que preconiza as normas do DNIT- Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte.

MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento escolhido para realização da fase experimental da pesquisa foi empírico e com adoção de suporte teórico.

MATERIAIS

Os materiais utilizados foram: areia, CAP 50/70, pó de pedra, brita, e o resíduo do vidro plano. O resíduo do vidro foi adquirido em uma vidraçaria da cidade. O agregado graúdo utilizado foi do tipo granítico apresentando um diâmetro máximo de 19,1 mm e massa específica aparente de 2,560 g/cm³. O agregado miúdo trata-se de uma areia quartzosa apresentando diâmetro máximo de 4,75 mm e massa específica aparente de 2,62 g/cm³ e o pó de pedra apresenta densidade de 2,70 g/cm³ e equivalente de areia de 85,5%, enquanto o CAP empregado na mistura foi do tipo 50/70 com densidade de 1,027g/cm³.

Os resíduos do vidro foram submetidos a um apiloamento (Figura 1) e em seguida foi triturado no moinho de bolas (Figura 2) a fim de deixar sua granulometria compatível com a normalizada para filler.

FIGURA 1 – APILOAMENTO DO VIDRO (A) ESTÁGIO INICIAL (B) ESTÁGIO FINAL



(a)

(b)

Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

Para aplicação do resíduo vítreo em escala industrial é utilizado o moinho de bolas de alumina cuja produção, dependendo do modelo, pode chegar a 18 ton/h.

FIGURA 2 – MOINHO DE BOLAS (A) POSICIONAMENTO DOS RECIPIENTES (B) EM FUNCIONAMENTO



(a)

(b)

Fonte: Pesquisa Direta, 2006

MÉTODOS

Foram realizados os ensaios que forneceram subsídios para análise do comportamento dos filleres no Concreto Asfáltico. Para tanto, os agregados foram misturados e estabilizados mecanicamente para apresentar uma distribuição de tamanhos das partículas que se enquadrasse dentro dos limites pré-estabelecidos na faixa “B” do DNIT (DNIT ES 313 – 2006).

O Ensaio Marshall (Figura 3 e Figura 4) foi realizado com teor de CAP de 4,5%, teor este obtido através de ensaio piloto utilizando-se: brita, areia, cal e o CAP. Com o intuito de observar o comportamento mecânico da mistura asfáltica, com o aumento da quantidade de filleres, foram realizados

ensaios Marshall com incrementos de filler, em relação ao peso do corpo-de-prova, de 2%, 3%, 4% e 5%.

FIGURA 3 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA REALIZAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA (A) COMPACTADOR (B) SOQUETE + CILINDRO



(a)

(b)

Fonte: Pesquisa Direta, 2006

FIGURA 4 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA REALIZAÇÃO DO ENSAIO MARSHALL (A) MOLDE (B) PRENSA + MOLDE



(a)

(b)

Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

O ensaio de tração diametral foi realizado com o Pórtico de Lottman de acordo com o que preconizam as normas DNIT-ME 138/94 e T 283-02 da American Association of State Highway Officials (AASHTO). Os corpos de prova foram preparados com o teor ótimo de CAP de 4,5%, com o índice de vazios de 3 a 5%, e com a variação do percentual dos filleres.

No Brasil, segundo especificado no DNIT (2006), os parâmetros utilizados no ensaio Marshall e no ensaio de Tração Diametral devem se enquadrar nos limites mostrados na Tabela 1.

TABELA 1 - VALORES LIMITES (DNIT – ES 313/2006, 2006)

DISCRIMINAÇÃO	ROLAMENTO	LIGAÇÃO (Binder)
Percentagem de Vazios (%)	3 a 5	4 a 6
Relação Betume/Vazios (%)	75/82	65/72
Estabilidade Mínima (kgf)	500 (75 golpes)	500 (75 golpes)
Resistência à Tração por Compressão Diametral (MPa)	0,65	0,65

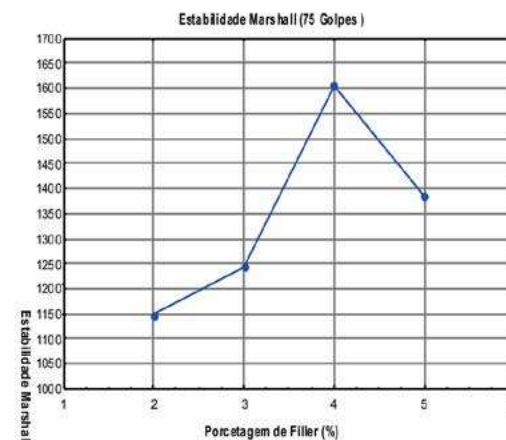
Fonte: (DNIT – ES 313/2006, 2006)

RESULTADOS

A caracterização física do resíduo do vidro, do material que passa na peneira Nº 100, realizada a partir da análise da distribuição dos tamanhos das partículas, obtida com o aparelho analisador de partículas por difração a laser, encontra-se inserida na Figura 5.

O filler utilizado atende as especificações do DNIT para o uso na pavimentação, sendo a distribuição dos tamanhos das partículas do resíduo de vidro mais fina, ou seja, 92% do material alvo da pesquisa têm diâmetro inferior a 75 µm.

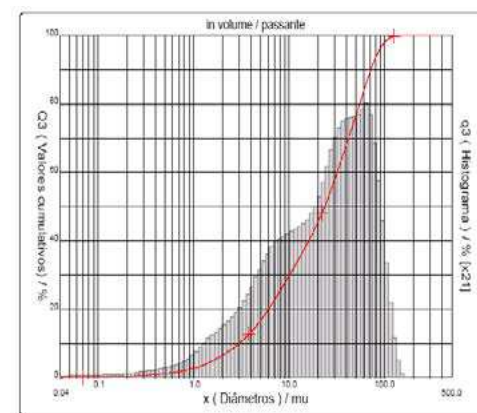
FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO DOS TAMANHOS DAS PARTÍCULAS DO RESÍDUO DE VIDRO OBTIDA POR DIFRAÇÃO A LASER



Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

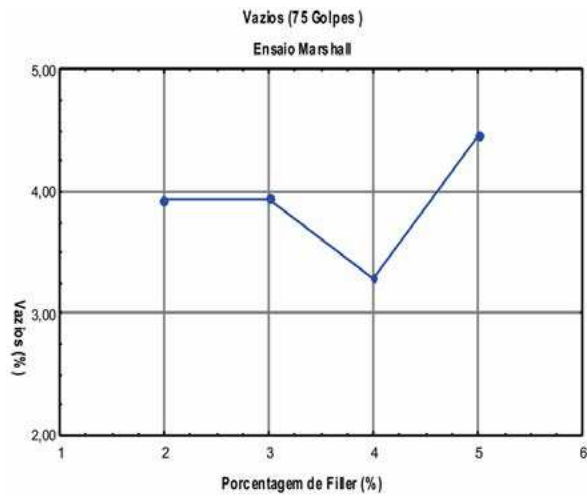
Nas Figuras de 6 a 10 estão inseridos os resultados relativos aos ensaios Marshall realizados com os corpos de prova moldados com o filler do resíduo de vidro.

FIGURA 6 - MÉDIA DOS VALORES DE ESTABILIDADE MARSHALL PARA OS CORPOS DE PROVA



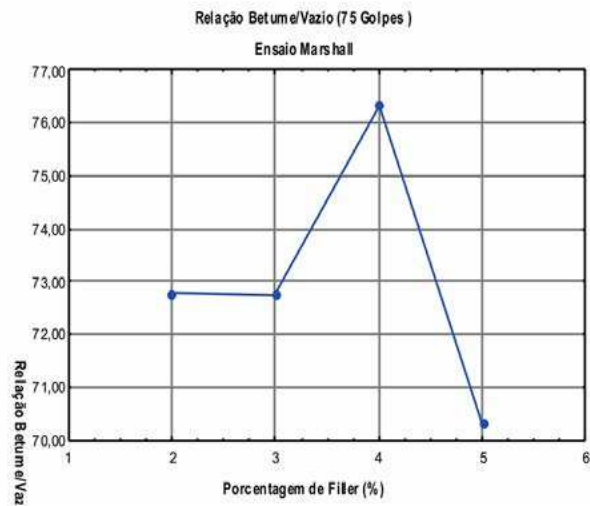
Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

FIGURA 7 - MÉDIA DOS VALORES DE ESTABILIDADE MARSHALL PARA OS CORPOS DE PROVA



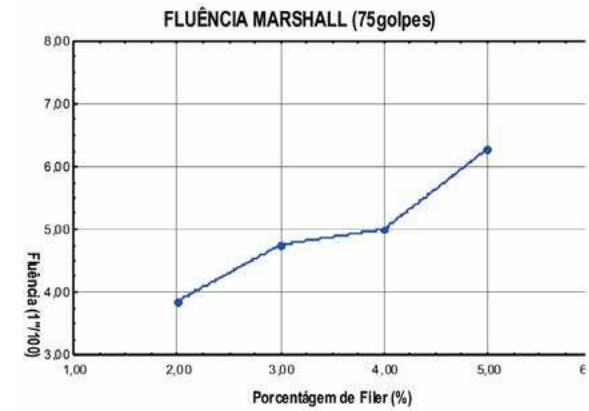
Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

FIGURA 8 - MÉDIA DOS VALORES DA RELAÇÃO BETUME/VAZIO PARA OS CORPOS DE PROVA MOLDADOS



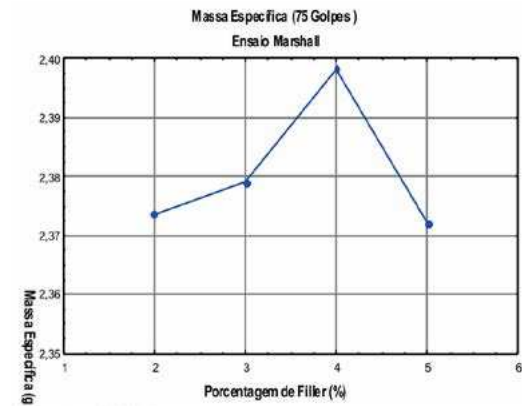
Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

FIGURA 9 - MÉDIA DOS VALORES DA FLUÊNCIA MARSHALL PARA OS CORPOS DE PROVA MOLDADOS



Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

FIGURA 10 - MÉDIA DOS VALORES DA MASSA ESPECÍFICA PARA OS CORPOS DE PROVA MOLDADOS



Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

Os valores de estabilidade apresentaram tendências crescentes até o percentual de 4% de filler, após este valor houve queda na estabilidade. A estabilidade mínima exigida, segundo o DNIT é de 500 kgf para 75 golpes, a qual foi

alcançada para todos os corpos de prova moldados com o percentual de filler maior que 2%.

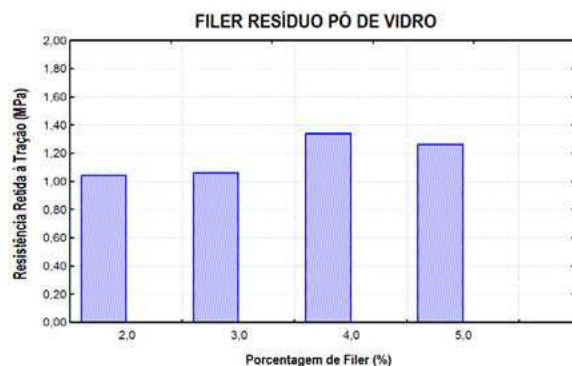
Em um sistema filler-asfalto, ao aumentarmos a quantidade de filler, as partículas tendem a aproximar-se, diminuindo os poros, tendendo a formar uma estrutura que vai tornar o mastique rígido, tornando-o frágil e quebradiço (concentração crítica) (SOUZA, 2001).

Com relação aos vazios, todos os teores atenderam aos limites estabelecidos pelo DNIT para serem usados na camada de rolamento. Como binder o corpo de prova moldado com percentual de 5% de filler atendeu as especificações.

Com relação ao parâmetro relação betume/vazio, os corpos de prova moldados com percentual de 4% atenderam as especificações do DNIT para ser utilizada na camada de rolamento enquanto os moldados com teor de 5% podem ser empregados como binder.

Na Figura 11 está lançado em gráfico os resultados obtidos no ensaio de resistência a tração diametral indireta com os corpos de prova moldados com o filler resíduo do vidro.

FIGURA 11 – RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DIAMETRAL INDIRETA PARA O FILLER RESÍDUO PÓ DE VIDRO



A adição do filler proporcionou um aumento da resistência à tração, com corpos de prova para as proporções de filler entre 2% a 4%, ocorrendo um decréscimo a partir da proporção de 5%. Todas as proporções de filler atenderam o preconizado pelo DNIT-ME 138 para atuar tanto na camada de rolamento como na de binder.

A Tabela 2 apresenta os resultados das proporções de filler adequadas para atuar na camada de rolamento e camada de ligação das misturas asfálticas de modo a atender o estabelecido pelas normas.

TABELA 2 - PROPORÇÃO DE FILLER

DISCRIMINAÇÃO	ROLAMENTO	LIGAÇÃO (Binder)
Ensaio Marshal	4%	5%
Resistência à Tração por Compressão Diametral (MPa)	2 a 5%	2 a 5%

Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

CONCLUSÃO

Apesar do vidro ser considerado um resíduo não perigoso e inerte de acordo com a NBR 10.004/2004, sua destinação final, sem as devidas precauções, podem acarretar prejuízos ao meio ambiente. Verificou-se que a utilização do vidro plano não reciclável, em misturas asfálticas pode ser uma solução viável. Os resultados indicam que a utilização de 4% (em peso) do resíduo do vidro é o teor ideal para atender o que preconiza o procedimento do DNIT para atuar na camada de rolamento enquanto o uso de 5% é o indicado para ser utilizado como binder.

AGRADECIMENTOS

- À ATECEL – Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Júnior, pela disponibilização do laboratório para a realização dos ensaios.

- A UAEMA/UFCG – Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande

REFERÊNCIAS

ABIVIDRO – Associação Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. Anuário ABIVIDRO 2006. ABIVIDRO, São Paulo, 2006.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10004. “Resíduos Sólidos” – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

AIREY, G. D., COLLOP, A.C. e THOM, N.H. Mechanical Performance of Asphalt Mixtures Incorporating Slag and Glass Secondary Aggregates. In: 8th CONFERENCE ON ASPHALT PAVEMENTS FOR SOUTHERN AFRICA, 2004. Anais. África do Sul, volume 1, 2004. p. 1-13.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes, ES 313/97. Pavimentação – Concreto Betuminoso – Norma Rodoviária. Rio de Janeiro, 1997.

LUCENA, L. C. F. L., RODRIGUES, J. K. G., LUCENA, A. E. F. L. E MORAIS, C. A. S. Susceptibilidade das Misturas Asfálticas a Presença de Água. In: 35ª Reunião Anual de Pavimentação, 2004. Anais. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Pavimentação- ABPV, Brasil, 2004

SILVA, G. M, SANTOS, E. F., FEITOSA, J. P. A e SOARES, J. B. Caracterização de Borracha de Pneu Moído e de Asfalto Modificado Oriundo de Petróleo Brasileiro. In: Congresso Brasileiro

de Engenharia de Materiais, 2002. Anais. Natal, volume 1, Brasil, 2002. p. 1-8.

VASQUES, R. A., ROCHA, V. C, FERNANDES, D. M. P. Vidro Reciclado Aplicado a Revestimentos Cerâmicos. In: 51 Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2007. Anais. Bahia, Volume 1, Brasil, 2007, p. 1-12.

CAPÍTULO 8

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO VÍTREO PARA
DIMINUIR A SUSCEPTIBILIDADE
DE MISTURAS ASFÁLTICAS

Leda Christiane de Figueiredo Lopes Lucena
John Kennedy Guedes Rodrigues
Crislene Rodrigues da Silva Moraes
Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena
Luciana de Figueiredo Lopes Lucena



8

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO VÍTREO PARA DIMINUIR A SUSCEPTIBILIDADE DE MISTURAS ASFÁLTICAS

Leda Christiane de Figueiredo Lopes Lucena

John Kennedy Guedes Rodrigues

Crislene Rodrigues da Silva Morais

Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena

Luciana de Figueiredo Lopes Lucena

RESUMO

A iminente necessidade do desenvolvimento sustentável em prol da preservação dos recursos naturais tem levado a pesquisa da reutilização de materiais, outrora descartados no meio ambiente, em diversas cadeias produtivas. Os materiais reincorporados devem agregar aos produtos propriedades similares àquelas obtidas quando utilizados os materiais convencionais. Uma das linhas de aproveitamentos dos rejeitos industriais é a pavimentação. A substituição de materiais convencionais por resíduos oriundos de atividades industriais tem como intuito promover o desenvolvimento sustentável sem comprometer a estabilidade mecânica, física e química das misturas asfálticas. Apesar de o vidro ser 100% reciclável, os vidros planos *não se enquadram nesta categoria*. Os resíduos gerados durante o processamento de vidros planos promovem um desperdício de material que poderia ser utilizado

como filler ou material de drenagem. Através da realização de ensaios mecânicos e de caracterização pode-se comprovar a eficácia da utilização de tais resíduos em obras de pavimentação.

Palavras-chave: Resíduo, vidro, susceptibilidade a presença de água.

INTRODUÇÃO

A iminente necessidade do desenvolvimento sustentável em prol da preservação dos recursos naturais tem levado a pesquisa da reutilização de materiais, outrora descartados no meio ambiente, em diversas cadeias produtivas.

A preocupação com os resíduos oriundos das atividades industriais e a sua inserção, novamente, no ciclo produtivo é uma atividade recente no Brasil, ao contrário do que ocorre em países como os Estados Unidos e países europeus como a Alemanha e a Holanda que fazem uso desta prática desde a década de 60.

A reciclagem dos rejeitos gerados pelas indústrias para uso como matérias-primas alternativas não é nova, e tem sido efetuada com sucesso em vários países.

As razões que motivam esses países, em geral, são: o esgotamento das reservas confiáveis; a conservação de fontes não renováveis; melhoria da saúde e segurança da população; a preocupação com o meio ambiente e a necessidade de compensar o desequilíbrio econômico provocado pela alta do petróleo, notadamente nos países onde há marcante escassez de matérias-primas (VIOLA et al., 1991; LEIS, 1994).

Os materiais reincorporados devem agregar aos produtos propriedades similares àquelas obtidas quando utilizados

os materiais convencionais. Uma das linhas de aproveitamentos dos rejeitos industriais é a pavimentação.

O reuso de agregados primários ou o uso de resíduo de materiais na pavimentação asfáltica tem acarretado grande benefício à sociedade. Agregados provenientes do ferro e do aço ou do vidro moído têm sido considerados bons substitutos dos agregados convencionais, pois apresentam propriedades físicas semelhantes e podem ser facilmente processados, britados e reduzidos a tamanhos adequados à produção de misturas asfálticas de base e de revestimento (AIREY et al., 2004).

De acordo com Pinheiro (2004) a péssima situação da malha viária brasileira pode ser atribuída a diversos fatores além do revestimento em si, como a falta de manutenção, sobrecarga de caminhões, fundações não apropriadas, falta de drenagem adequada, materiais sem a qualidade desejada, geometria inadequada, má sinalização, má execução, etc.

A falta de um adequado sistema de drenagem ou a adoção de mecanismos que evitem a presença de água no interior das misturas asfálticas contribuem para o aparecimento de defeitos nos pavimentos como trincas, afundamento de trilha de roda, exsudação, buracos, desagregação, entre outros.

A identificação da sensibilidade à ação deletéria da água em misturas asfálticas é um passo importante no processo de seleção de materiais e dosagem de misturas asfálticas. A seleção inadequada de materiais e a falha na correta determinação da sensibilidade à umidade podem resultar em defeitos prematuros no pavimento, bem como em custos excessivos com manutenção e reabilitação (VASCONCELOS et al., 2006).

A substituição dos filleres convencionais por resíduos oriundos de atividades industriais tem como intuito promover o desenvolvimento sustentável sem comprometer estabilidade mecânica, física e química das misturas asfálticas. O filler que será utilizado nesta pesquisa em substituição aos convencionais é o resíduo vítreo.

Segundo dados da ABIVIDRO (2006) são produzidas 2.130 toneladas de vidro por ano no Brasil. Todavia, apenas 43% destes sofrem um processo de reciclagem, enquanto em países da Europa esse percentual chega a 75%.

Apesar de o vidro ser 100% reciclável ele não é biodegradável o que torna-se um grande problema ambiental quando simplesmente descartado, pois há o acúmulo de grande quantidade desse material que não é absorvido pela natureza em aterros sanitário (VASQUES et al., 2006).

De acordo com Ayrei et al., (2004) a busca pelo desenvolvimento sustentável tem levado a procura de incorporar rejeitos na pavimentação como forma de diminuir o desperdício gerado com o uso indiscriminado dos agregados convencionais.

Esta pesquisa tem por objetivo analisar a eficácia da incorporação de resíduos de material vítreo como filler e avaliar o seu desempenho frente à susceptibilidade das misturas asfálticas à presença de água.

MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento escolhido para realização da fase experimental da pesquisa foi empírico e com adoção de suporte teórico.

MATERIAIS

Os materiais utilizados foram: areia, CAP 50/70, pó de pedra, brita, e o resíduo do vidro plano. O resíduo do vidro foi adquirido em uma vidraçaria da cidade. O agregado graúdo utilizado foi do tipo granítico apresentando um diâmetro máximo de 19,1 mm e massa específica aparente de 2,560 g/cm³. O agregado miúdo trata-se de uma areia quartzosa apresentando diâmetro máximo de 4,75 mm e massa específica aparente de 2,62 g/cm³ e o pó de pedra apresenta densidade de 2,70 g/cm³ e equivalente de areia de 85,5%, enquanto o CAP empregado na mistura foi do tipo 50/70 com densidade de 1,027 g/cm³.

Os resíduos do vidro foram submetidos a um apiloamento (Figura 1) e em seguida foi triturado no moinho de bolas (Figura 2) a fim de deixar sua granulometria compatível com a normalizada para filler.

Para aplicação do resíduo vítreo em escala industrial é utilizado o moinho de bolas de alumina cuja produção, dependendo do modelo, pode chegar a 18 ton/h.

FIGURA 1 – APILOAMENTO DO VIDRO (A) ESTÁGIO INICIAL (B) ESTÁGIO FINAL



Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

FIGURA 2 – MOINHO DE BOLAS: (A) POSICIONAMENTO DOS RECIPIENTES (B) EM FUNCIONAMENTO



Fonte: Pesquisa Direta, 2006.

MÉTODOS

Foram realizados os ensaios que forneceram subsídios para análise do comportamento dos filleres no Concreto Asfáltico. Para tanto, os agregados foram misturados e estabilizados mecanicamente para apresentar uma distribuição de tamanhos das partículas que se enquadrasse dentro dos limites pré-estabelecidos na faixa “B” do DNIT (DNIT ES 313 – 2006).

O ensaio Marshall foi realizado segundo a norma do DNIT – ME 043/95 utilizando um compactador mecânico. Com o intuito de observar o comportamento mecânico da mistura asfáltica, com o aumento da quantidade de filleres, foram realizados ensaios Marshall com incrementos de filler, em relação ao peso do corpo-de-prova, de 3%, 4%, 5% e 6%. A relação entre o teor de filler e o teor de asfalto foi fixada para o limite inferior de 0,6 (em peso) e para o limite superior $\gg 1,2$. Estes, por sua vez, preconizados pelo o programa SUPERPAVE (Superior Performing Asphalt Pavements) e sugeridos por Roberts et al.(1996).

O ensaio de Compressão Diametral foi realizado segundo a norma do DNIT–ME138/94 (9) utilizando um compactador mecânico. Os corpos de prova foram preparados com

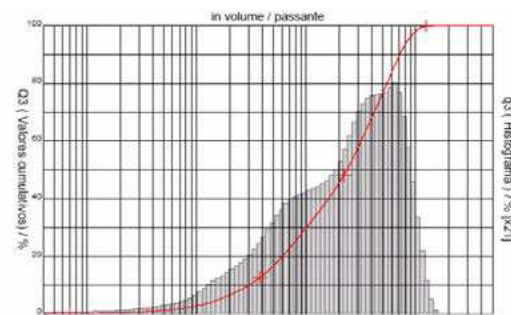
o teor ótimo de CAP de 4,5%, com o índice de vazios de 3 a 5%, e com a variação do percentual dos filleres. O intuito deste procedimento foi verificar a influência do teor de filler no comportamento da mistura asfáltica em relação à adesividade e o efeito deletério da água. Nesta etapa foram moldados quatro (4) corpos de prova para cada percentual de filler, todos compactados com 75 golpes, dos quais foram rompidos dois com imersão a sessenta graus Celsius (60°C) e dois sem imersão (em estufa a 60°C).

O ensaio de Lottman será realizado segundo a norma do DNIT – ME 138/94 e 283-02 da American Association of State Highway Officials (AASHTO) utilizando um compactador mecânico.

RESULTADOS

A caracterização física do resíduo do vidro, do material que passa na peneira Nº 100, realizada a partir da análise da distribuição dos tamanhos das partículas, obtida com o aparelho analisador de partículas por difração a laser, encontra-se inserida na Figura 3.

FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DOS TAMANHOS DAS PARTÍCULAS DO RESÍDUO DO CAULIM OBTIDA POR DIFRAÇÃO A LASER



O filler utilizado atende as especificações do DNIT para o uso na pavimentação, sendo a distribuição dos tamanhos das partículas do resíduo de vidro mais fina, ou seja, 92% do material alvo da pesquisa têm diâmetro inferior a 75 µm.

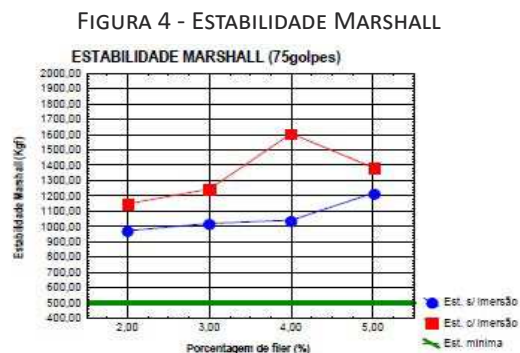
A caracterização química do vidro indica que este possui características de vidro de soda – cal de acordo com os valores percentuais dos óxidos de sódio (7,90%) e cálcio (5,60%). A Tabela 1 apresenta a composição química do resíduo em seu estado natural.

TABELA 1 - ANÁLISE QUÍMICA DAS MATÉRIAS-PRIMAS E DO RESÍDUO VÍTREO

Amostra	P.F. (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	R.I (%)
Resíduo Vítreo	0,17	69,76	8,54	traços	0,02	nd	5,60	3,43	7,90	2,49

P.F. – perda ao fogo, R.I. – resíduos insolúveis, nd – não determinado.

Na Figura 4 estão inseridos os resultados obtidos para a estabilidade Marshall relativos aos ensaios realizados com os corpos de prova moldados. As respectivas curvas apresentam, também, os valores da estabilidade Marshall em função dos incrementos dos filler obtidos para os corpos de prova submetidos à imersão em água e sem imersão.



A estabilidade mínima exigida, segundo o DNIT é de 500 kgf para 75 golpes, a qual foi alcançada para todos os corpos de prova moldados. Observa-se um aumento da estabilidade até o teor de 4% que em seguida sofre um declínio. Este fato foi explicado por Bernucciet et al. (2007) que relata que ao aumentar a porcentagem do pó, os vazios são reduzidos e aumenta-se a trabalhabilidade da mistura asfáltica. A partir de certo ponto o pó começa a prejudicar a trabalhabilidade bom como a estabilidade do esqueleto mineral, diminuindo os contatos entre as partículas grossas e alterando a capacidade de compactação da mistura.

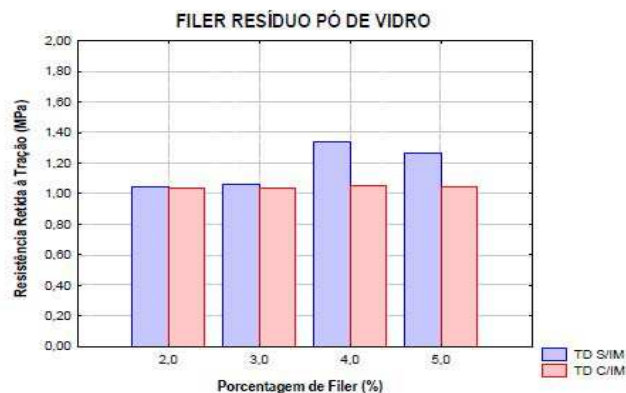
Os valores de estabilidade encontrados para os corpos de prova com imersão serem superiores aos sem imersão pode ser explicado pela infiltração da água nos vazios promover uma mistura mais rígida.

Na Figura 5 estão lançados em gráfico os resultados obtidos no ensaio de resistência a tração por compressão diametral com os corpos de prova moldados com o filler resíduo de vidro. Neste ensaio foram moldados os corpos de prova utilizando a mesma proporção de materiais do ensaio Marshall e variando os teores de filler de 2%, 3%, 4% e 5%.

Pode-se notar que todos os teores forneceram valores de resistência à tração por compressão diametral superiores ao mínimo exigido pelo DNIT (0,65 MPa).

Após imersão dos corpos de prova em água foi observado um decréscimo da resistência a tração diametral indireta, provavelmente pelo o efeito da presença d'água na mistura asfáltica.

FIGURA 5 - RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL



A adição de filler proporciona um aumento da resistência à tração entre 2 e 4% ,sofrendo um decréscimo no teor de 5%. Isto corrobora para afirmar que o acréscimo de Filler, realmente, diminui a susceptibilidade da mistura asfáltica à presença de água.

Na Figura 6 estão lançados em gráficos os resultados da relação da Relação da Resistência à Tração, RRT, obtidos com o auxílio do pórtico de *Lottman*, para os corpos-de-prova.

Os resultados da RRT, para os teores de 3 a 5%, estão acima dos que são preconizados pela AASTHO (T 283-02 da RRT>70%) e pelo SUPERPAVE (mínimo de 80%).

Ao considerar o teor de 4% de Filler para mistura observa-se que este teor atende a todas as especificações contidas nas normas do DNIT e do SUPERPAVE considerando os parâmetros: da Estabilidade; da Tração Diametral Indireta; e da Relação da Resistência á Tração (RRT) (Tabela 2).

FIGURA 6 – RELAÇÃO DA RESISTÊNCIA RETIDA À TRAÇÃO

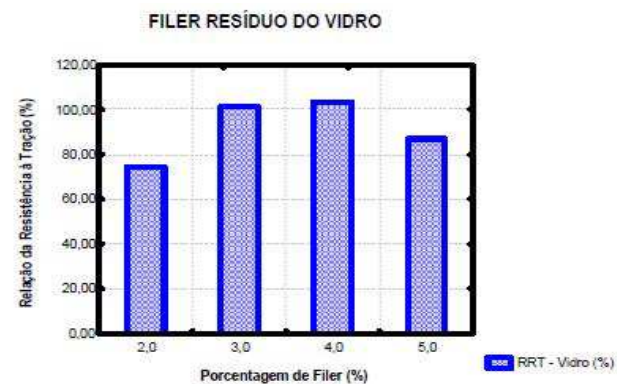


TABELA 2 - ESTABILIDADE; TRAÇÃO DIAMETRAL INDIRETA; E RELAÇÃO DA RESISTÊNCIA Á TRAÇÃO (RRT)

Material	Estabilidade Marshall(Kgf)	Tração Diametral Indireta (MPa)	Relação da Resistência à Tração – RRT (%)
Resíduo vítreo	1040,90 - 1606,41*	1,34 – 1,05*	103,41

* Corpos de prova submersos em água.

CONCLUSÃO

Apesar do vidro ser considerado um resíduo não perigoso e inerte de acordo com a NBR 10.004/2004, sua destinação final , sem as devidas precauções, podem acarretar prejuízos ao meio ambiente. Verificou-se que a utilização do vidro plano não reciclável, em misturas asfálticas pode ser uma solução viável. Os resultados indicam que a utilização de 4% (em peso) do resíduo do vidro é o teor ideal para atender o que preconiza o procedimento do DNIT e da ASS-THO para diminuir a susceptibilidade a presença de água.

AGRADECIMENTOS

- À ATECEL – Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior pela disponibilização do laboratório para a realização dos ensaios.

- Ao UAEMa/UFCG – Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande

REFERÊNCIAS

ABIVIDRO – Associação Brasileira das Industrias Automáticas de Vidro. Anuário ABIVIDRO 2006. ABIVIDRO, São Paulo, 2006

AIREY, G. D., COLLOP, A. C. e THOM, N.H. Mechanical Performance of Asphalt Mixtures Incorporating Slag and Glass Secondary Aggregates. In: 8th CONFERENCE ON ASPHALT PAVEMENTS FOR SOUTHERN AFRICA, 2004. Anais. África do Sul, Volume 1, 2004. p. 1-13.

BERNUCCI, L. B. et al., Pavimentação Asfáltica – formação básica para engenheiros, Petrobras, ABEDA, Rio de Janeiro, 2007.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes, ES 313/97. Pavimentação, ME 138/94. Misturas betuminosas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 1994.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes, ES 313/97. Pavimentação – Concreto Betuminoso – Norma Rodoviária. Rio de Janeiro, 1997. 18º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 24 a 28 de Novembro de 2008, Porto de Galinhas, PE, Brasil. 2640

PINHEIRO, J. H.M. Incorporação de Borracha de Pneu em Misturas Asfálticas de Diferentes granulometrias (Processos

Úmido e Seco), 2004, 166 fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

ROBERTS, F.L et al , Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction, Napa Research and Education Foundation, Second Edition, Maryland, USA, 1996.

VASCONCELOS, K. L et al., Avaliação do dano por umidade induzida e da recuperação de trincas em mástique, in: 18º Encontro de Asfalto - IBP, Rio de Janeiro, 2006.

VASQUES, R.A., ROCHA, V. C, FERNANDES, D.M.P. Vidro Reciclado Aplicado a Revestimentos Cerâmicos. In: 51 Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2007. Anais. Bahia, Volume 1, Brasil, 2007, p. 1-12

VIOLA, E. J. e LEIS, H. R. Desordem Global da Biosfera e a Nova Ordem Internacional: O Papel Organizador de Ecologismo. In. Ecologia e Política Mundial, p. 23 – 49. 1994..

CAPÍTULO 9

**INSTALAÇÃO DE UNIDADE
DE BENEFICIAMENTO DE
MATERIAIS VÍTREOS**



Crislene Rodrigues da Silva Moraes
Luciana de Figueiredo Lopes Lucena
Edna Larissa da Silva
Alderiza Veras de Albuquerque

9

INSTALAÇÃO DE UNIDADE DE BENEFICIAMENTO DE MATERIAIS VÍTREOS

Crislene Rodrigues da Silva Morais

Luciana de Figueiredo Lopes Lucena

Edna Larissa da Silva

Alderiza Veras de Albuquerque

RESUMO

O presente documento relata as atividades desenvolvidas durante a execução do projeto de Instalação de Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos para os Catadores da COTRAMARE (Cooperativa de Trabalhadores de Materiais Recicláveis) de Campina Grande-PB. O mesmo teve como objetivo geral promover a inclusão e melhoria nas condições de trabalho dos catadores de resíduos vítreos, a metodologia buscou envolver a comunidade de catadores e a equipe executora em todas as ações do projeto. As atividades foram desenvolvidas em 05 etapas distintas: sensibilização, diagnóstico, aquisição e instalação, capacitação, registro e divulgação. Dentre elas os participantes tiveram treinamentos realizados pelo Corpo de Bombeiros para Prevenção de Incêndio e Primeiros Socorros; realização de ações efetivas direcionadas a saúde preventiva, que contemplaram não somente os catadores da Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos, mas a comunidade do bairro do Serrotão.

Palavras-chave: reciclagem, inclusão social, capacitações.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O presente documento relata as atividades desenvolvidas durante a execução do projeto de Instalação de Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos para os Catadores da COTRAMARE de Campina Grande-PB.

A cidade de Campina Grande-PB, cuja população é estimada em cerca de 376.000 habitantes, enfrenta problemas de gestão e disposição de seus resíduos sólidos. O único local em funcionamento para a disposição final dos resíduos gerados pela população e pelas indústrias é um lixão a céu aberto localizado a 10 km do centro da cidade na Alça Sudoeste. Nesse local o resíduo vítreo é de fácil acesso. Essa destinação inadequada dos resíduos sólidos acarreta uma série de problemas sociais, de saúde pública e para a produtividade, além dos desperdícios de recursos que poderiam ser utilizados e do comprometimento de reservatórios naturais (rios, nascentes, etc.).

Para Monteiro et al., Apud Andrade e Padro (2004), a gestão dos resíduos sólidos não tem merecido a atenção necessária por parte do poder público. Com isso compromete-se cada vez mais a já comalida saúde da população, bem como se degradam os recursos naturais, especialmente o solo e os mananciais hídricos. A interdependência dos conceitos de meio ambiente, saúde e saneamento é bastante evidente, o que reforça a necessidade de interação das ações desses setores em prol da melhoria da qualidade de vida da população brasileira.

As ações foram desenvolvidas de forma articulada com iniciativas voltadas para os catadores da Cooperativa de Tra-

balhadores de Materiais Recicláveis COTRAMARE, tentando reverter a degradante condição de vida e favorecendo a sua inserção vitreos, contribuindo assim para o exercício da cidadania, da educação ambiental e de uma ocupação de renda digna.

Os professores e técnicos da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da UFCG/UAEMa, sensibilizados com esta cruel realidade de vida humana e de degradação ambiental desenvolveu esse projeto com o objetivo de promover a inclusão social, oferecer condições digna de trabalho aos catadores do lixão, geração de emprego e renda, fortalecer as cooperativas de materiais recicláveis, além de contribuir com a remoção dos resíduos vitreos do meio ambiente o que já minimizará o problema da poluição ambiental causada por estes materiais.

Esse documento apresenta um relato das atividades do Projeto de Instalação de Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos para os Catadores da COTRAMARE de Campina Grande-PB, o qual surgiu da necessidade de minimizar os impactos provocados pelos resíduos sólidos no meio ambiente, dando resposta ao grave problema social dos catadores do Lixão do Serrotão. Com a finalidade básica de oferecer condições dignas de trabalho aos membros da categoria dos catadores e seus familiares, este projeto visa à geração de emprego, renda e de novas alternativas de trabalho, destinadas a diversos fins de interesse social-educativo-ambiental.

Os materiais vitreos beneficiados nessa unidade, além de provocar benefícios de ordem econômica e social, uma vez que é uma atividade geradora de renda para a Cooperativa, através das vendas dos produtos beneficiados e con-

feccionados no laboratório artesanal, irão proporcionar a minimização dos impactos ambientais e agregando valores a este material tão cobiçado por indústrias afins. E assim, reciclando conceitos, compromissados com o futuro, os investimentos de hoje, serão frutos de estímulo para retorno deste produto infinitamente reaproveitável. Os ganhos desta logística resultam em saldos amplamente positivos para a sociedade, o meio ambiente e a indústria vidreira, e assim, a Universidade Federal de Campina Grande, através da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais consolida a prática da extensão democratizando o saber.

Este projeto teve como objetivo geral promover a inclusão e melhoria nas condições de trabalho dos catadores de resíduos da COTRAMARE (Cooperativa de Trabalhadores de Materiais Recicláveis). Para tanto implantamos em Campina Grande-PB uma Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos.

- Apresentação do projeto as comunidades de catadores de Campina Grande e as autoridades locais (Associações, Cooperativas, Governo Municipal e Estadual).
- Diagnóstico inicial do perfil cultural, sócio-econômico e empreendedor das famílias de catadores da COTRAMARE.
- Aquisição e instalação dos equipamentos necessários à implantação da unidade de beneficiamento de vidros.
- Capacitação dos Catadores da COTRAMARE para utilização dos Equipamentos de Proteção Individual.
- EPI's e manuseio dos equipamentos de beneficiamento (tritador, cilindro de lavagem, esteiras, forno, etc.).

- Identificação entre os catadores que possuem habilidades voltadas ao artesanato de vidro (cursos de reciclagem de vidro, aulas de arte com reaproveitamento de vidros, etc.).
- Participação em eventos objetivando valorizar o trabalho dos catadores de resíduos e divulgação dos resultados do projeto a toda comunidade (exposições, feiras de artesanato, etc.).
- Formação dos catadores para gestão de empreendimentos auto-sustentáveis.

METODOLOGIA

A metodologia buscou envolver a comunidade de catadores da COTRAMARE e a equipe executora em todas as ações do projeto. As atividades do projeto foram desenvolvidas em 05 etapas distintas: sensibilização, diagnóstico, aquisição e instalação, capacitação, registro e divulgação.

SENSIBILIZAÇÃO

Nesta etapa buscou-se mobilizar, despertar o interesse e estabelecer o primeiro contato entre a equipe executora, a comunidade de catadores da COTRAMARE, além das autoridades locais (Associações, Cooperativas, Governo Municipal e Estadual).

Nestes encontros foram elaborados: o folder de divulgação do projeto, banner, cronograma de atividades do projeto e mural informativo. Também foram formados grupos de

trabalho que se reuniram semanalmente com os catadores, com a presença de pelo menos dois participantes da equipe executora para discussão acerca do desenvolvimento do projeto.

DIAGNÓSTICO

Foram realizadas reuniões com a equipe executora com objetivo de elaborar instrumentos de pesquisa (questionários) para levantar e confirmar dados acerca da realidade de vida destes catadores e das expectativas da comunidade sobre o uso e vivência do espaço. Para tanto foram aplicados questionários com objetivo de diagnosticar o perfil cultural, sócio-econômico e empreendedor dos catadores da COTRAMARE e catadores de bairros. Todas as ações ocorreram sob coordenação da equipe executora.

AQUISIÇÃO E INSTALAÇÕES DE EQUIPAMENTOS

Nesta etapa foram feitas aquisição e instalação dos equipamentos necessários à capacitação dos catadores da COTRAMARE (material didático, equipamentos de proteção individual, fardamentos, calçados, entre outros.) e a implantação da unidade de beneficiamento de vidros (mesas de inox para triagem, lavador e triturador, forno para fusão vidros, tambores.). A unidade foi implantada em um galpão com área de aproximadamente 440 m² de área coberta, localizado no bairro do Serrotão, Rua Rafaela de Souza Silva, s/n, Campina Grande - PB.

CAPACITAÇÃO

Foram realizados até momento, cursos, palestras e oficinas que tiveram como enfoque os seguintes temas: estudo do lixo (reduzir, reutilizar e reciclar), coleta seletiva, tecnologia e reciclagem de vidros. Estas ações foram realizadas com os diferentes grupos, e tiveram duração de 4h cada, tendo contado com técnicas de trabalhos em grupo, recursos de expressão através da arte (pintura, modelagem, colagem, fotografia). Além destas ações, aconteceu uma visita técnica a Companhia Industrial de Vidros - CIV, em Recife/PE, tudo isso visando conscientizá-los da importância e valor agregado ao caco de vidro. Durante a visita os Catadores da COTRAMARE receberam orientações e acompanhamento para utilização dos Equipamentos de Proteção Individual - EPI's. Serão ministrados ainda cursos de artes com vidros, que servirão para identificar entre os catadores aqueles que possuem habilidades voltadas ao artesanato, além de cursos sobre gestão de empreendimentos autossustentáveis.

REGISTRO E DIVULGAÇÃO

Todas as ações de desenvolvimento do projeto foram registradas em fotografias e listas de presença, como forma de valorizar a participação dos Catadores, bem como de avaliar o andamento e participação dos mesmos no projeto. Para divulgação do projeto de instalação da Unidade de Beneficiamento de Vidros, junto à comunidade de Campina Grande e cidades circunvizinhas, foi criado um folder e um banner

com a colaboração da equipe executora e da Unidade de Desenho Industrial da UFCG.

Durante esta etapa a equipe participou de eventos nacionais com o objetivo de apresentar e divulgar o trabalho que vem sendo realizado junto aos catadores da COTRAMARE, além de publicar os resultados obtidos com o projeto em anais e periódicos de circulação nacional e internacional.

A COTRAMARE

A organização comunitária que funciona no lixão na cidade de Campina Grande teve início no ano de 1990, por um grupo de voluntários da Paróquia de São Cristóvão, da Diocese local. Foi formada em março de 2001, a Associação dos Trabalhadores do Lixão, e, em novembro de 2001, foi fundada a Cooperativa de Trabalhadores de Materiais Recicláveis - COTRAMARE, inicialmente com 23 trabalhadores, atualmente com cerca de 80 cooperados. Atualmente o número de não-cooperados exercendo a atividade de catação no lixão é cerca de 500 homens e mulheres retirando o sustento de suas famílias do lixão da cidade de Campina Grande-PB, de acordo com o Estatuto da COTRAMARE.

A UNIDADE DE BENEFICIAMENTO DE MATERIAIS VÍTREOS

O Projeto Instalação de Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos para os Catadores da COTRAMARE Campina Grande-PB, foi desenvolvido em um galpão, cedido pelo Governo do Estado da Paraíba através da Secretaria de Ação Social, Fundação de Ação Comunitária - FAC, com área de

440 m², localizado na Rua Rafaela de Souza Silva, S/N, no bairro do Serrotão. A unidade era composta atualmente de uma sala para capacitação dos catadores, uma oficina de reciclagem e artesanato, e a unidade de triagem e beneficiamento do vidro, além de uma área para recepção e estocagem do material adquirido e beneficiado, escritório, copa e WC masculino e feminino.

Após apresentação do projeto a comunidade de catadores da COTRAMARE, foi realizada na sede da cooperativa, uma reunião para inscrição e seleção dos catadores que iriam participar das capacitações junto ao projeto. Neste período vários catadores da cooperativa estavam inseridos em um projeto de reciclagem de plásticos de uma outra instituição pública, motivo pelo qual tivemos que estender a inscrição e seleção a catadores não cooperados. Ficou firmado o acordo com os catadores que logo após a seleção estes teriam que se vincularem a Cooperativa. O Quadro 1 apresenta a relação dos 12 catadores selecionados.

QUADRO 1 - LISTA DOS CATADORES SELECIONADOS. FONTE: DIRETA (2006)

Nº.	Catadores	Idade	Cooperado ou Não
01	Alessandro Lopes de Queiroz	32	Cooperado
02	Ailton Galdino da Silva	44	Não Cooperado
03	Isabel Cristina dos Santos Gomes	28	Não Cooperado
04	Jocimar Alves Viana	26	Não Cooperado
05	José de Deus Barbosa de Souza	37	Não Cooperado
06	Joselino Aduino dos Santos	25	Cooperado
07	Maria da Guia Martins da Silva	35	Cooperado
08	Maria José Monteiro	38	Cooperado
09	Rita Luiz da Silva	58	Cooperado
10	Severino dos Ramos N. Caetano	31	Cooperado
11	Valdir Aires da Silva	222	Não Cooperado
12	Wellington do Nascimento	23	Não Cooperado

Fonte: Pesquisa Direta, 2007

Na primeira reunião, participaram os associados e a direção da cooperativa, onde foi apresentada a equipe executora do projeto, como também, foi detalhado o cronograma de atividades, esclarecendo dúvidas e questionamentos relacionados ao projeto. Já na segunda, foram propostas diversas datas para apresentação do projeto aos associados e a comunidade de catadores, onde em votação escolheram o local e o dia do evento. A partir da definição da data e local, a equipe elaborou os convites, que foram distribuídos entre a comunidade de catadores, instituições governamentais e não governamentais.

Com o apoio de empresas da região e da sociedade civil, foi realizada a apresentação do projeto no Galpão onde foi implantada a Unidade de Beneficiamento de Vidros dos Catadores da COTRAMARE. Esta contou com a presença de representantes das instituições parceiras e autoridades locais. A presença de moradores da comunidade motivou o interesse de todos associados a participarem efetivamente do projeto.

Na sequência foram iniciadas as capacitações com o grupo de catadores selecionados, estas aconteceram na UAEMA/UFCG, sempre as quintas-feiras. Ao final das ações do ano de 2006, foi realizado um encontro natalino comemorativo, com objetivo de fechar um ciclo de ações de sensibilização.

DIAGNÓSTICO SÓCIO-ECONÔMICO E CULTURAL DOS CATADORES

Em paralelo às ações de sensibilização iniciou-se a produção dos questionários para processo de diagnóstico, estes se basearam em resultados de tese relacionados à visão empreendedora de catadores de resíduos sólidos (LIRA, 2007).

Depois de elaborados os questionários, iniciou-se o processo de aplicação dos mesmos junto aos catadores da COTRAMARE, do Lixão e catadores de bairro. Durante o preenchimento os catadores foram questionados sobre o interesse pessoal em participar das atividades junto à Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos.

Concluído o processo de preenchimento dos questionários no lixão, o foco se voltou aos catadores distribuídos em bairros da cidade. Então, a equipe foi subdividida em regiões para dar início a este processo avaliativo de checagem de dados importantes a produção do diagnóstico final. Foram preenchidos aproximadamente 200 questionários, e para tanto foram necessários 60 dias, para que se percorressem os 22(vinte e dois) dos principais bairros de Campina Grande-PB.

CAPACITAÇÃO

As capacitações foram realizadas no primeiro semestre de 2007, estendendo-se até o mês vigente. Os cursos ministrados foram: Uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), Prevenção e Combate a Incêndio, APH - Primeiros Socorros e Saúde Preventiva com palestras sobre: Saúde Bucal, Sensibilização Corporal, Amamentação e Planejamento Familiar, Coleta Seletiva e Tecnologia e Reciclagem de vidros. Os cursos foram ministrados com recursos didáticos em aulas expositivas, álbum seriado e em data-show (Power Point). No anexo IV encontra-se as listas assinadas pelos catadores da Unidade e por catadores que estiveram presentes durante as ministrações dos cursos, mas que não fazem parte da Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos.

USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI'S)

Este curso ocorreu em forma de palestra ministrada pela Prof.^a Maria do Socorro Lopes Cavalcanti, com apoio da equipe executora do projeto. Foi utilizado como recurso didático, data show. Os tópicos estudados foram: o que são EPI's, as vias de exposição, responsabilidades, obrigação do trabalhador, seleção e proteção, quando usar, tipos de EPI's, capacetes, proteção facial/ocular, máscaras, produtos auditivos, proteção para membros superiores e inferiores, luvas, macacões, botas, conservação e manutenção dos EPI's, lavagem, como guardar e descartar EPI's, entre outros. Durante o curso foram distribuídos equipamentos de proteção individual (macacões, botas máscaras e capacetes) para os catadores da unidade.

PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO

Este curso ocorreu em forma de palestra interativa, ministrada por uma equipe do Corpo de Bombeiros da cidade de Campina Grande no galpão da Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos. A equipe executora do projeto colaborou com o desenvolvimento das atividades desempenhadas por estes profissionais. Foi utilizado como recursos didáticos, o data show, apresentação, reconhecimento e uso de equipamentos de combate a incêndios. No anexo VI encontra-se as cópias dos slides utilizados no curso. Os tópicos estudados foram: elementos essenciais do fogo, quadrado do fogo, classificação das combustões, pontos da combustão, fases do fogo, processos de transmissão de calor, pro-

cessos de extinção de calor, classes de incêndio, fases da operação do incêndio, extintores de incêndio, evacuação de área, recomendações gerais em caso de incêndio, recomendações para GLP, incêndios em residências, no mato e em automóveis. Apresenta os catadores interagindo na aula num momento de descontração, quando eram orientados quanto ao manuseio e uso correto de extintores de incêndio e recomendações para GLP.

APH – ATENDIMENTO PRÉ HOSPITALAR (PRIMEIROS SOCORROS)

Este curso ocorreu em forma de palestra ministrada por uma equipe do Corpo de Bombeiros da cidade de Campina Grande no galpão da Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos. A equipe executora do projeto colaborou com o desenvolvimento das atividades desempenhadas por estes profissionais. O curso foi realizado de forma interativa junto aos catadores. As mais diversas situações de acidentes eram encenadas pelos catadores e os palestrantes direcionavam na tomada de atitudes e atendimentos corretos. Foi utilizado como recurso didático o data show, no anexo VII encontra-se as cópias dos slides utilizados no curso. Os tópicos estudados foram: Protocolo do APH (Atendimento Pré Hospitalar) e exames primários.

SAÚDE PREVENTIVA

A Saúde Preventiva foi ministrada em forma de palestras enfocando os seguintes temas: Saúde Bucal, Sensibilização Corporal, Amamentação e Planejamento Familiar. Os cursos

foram ministrados por profissionais da área da saúde de instituições públicas locais. Os recursos didáticos utilizados foram data show, álbum seriado com a realização de aulas expositivas dialogadas e aulas práticas sobre escovação, sensibilização corporal, dramatização e etc.

A equipe foi constituída por fisioterapeutas, odontólogos, enfermeiros e uma médica. Apresentam a equipe da saúde nos momentos em que desenvolviam suas respectivas palestras sobre Amamentação e Planejamento Familiar. Foi ainda realizada a vacinação antitetânica, pela equipe da saúde. Os catadores da Unidade foram contemplados com kits para higienização bucal, distribuição de preservativos, encaminhamentos para obturação e extração de dentes e exames de HPV - Papanicolau. Este curso ocorreu em forma de palestra ministrada pela Dra. Prof.^a Crislene Rodrigues e as oficinas foram conduzidas pelos integrantes da equipe executora que colaboraram com o desenvolvimento das atividades desempenhadas pelos catadores. Os tópicos estudados foram: problemas trazidos pelo lixo, o que fazer com os problemas trazidos pelo lixo, situação dos materiais recicláveis do Brasil, formas de coletar os materiais, o que é coleta seletiva, como separar os recicláveis, definição e diferença de coleta e resíduos, definições para realização da coleta seletiva, benefícios da coleta seletiva, problemas existentes na coleta seletiva.

TECNOLOGIA E RECICLAGEM DE VIDROS

As primeiras aulas do curso de Tecnologia e Reciclagem de Vidros aconteceram na Universidade Federal de Campina Grande/UAEMA e sua continuidade se deu no galpão do Ser-

rotão. Para tanto foram utilizados como recursos didáticos, data show, retroprojetor, transparências, apostilas, etc. Foram repassadas informações importantes aos catadores, sobre a origem, definição, materiais-primas, propriedades, e por fim o processo de fabricação e reciclagem do vidro.

VISITA TÉCNICA A EMPRESA DE VIDROS CIV E A FROMPET

A visita técnica a Companhia Industrial de Vidros - CIV e a FROMPET, ambas localizadas na cidade do Recife-PE, teve o intuito de que todos os integrantes da Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos visualizassem uma indústria vidreira em funcionamento, além de obterem informações práticas, educativas e econômicas do desempenho no processo de fabricação de produtos vítreos. Os mesmos também receberam orientações e acompanhamento para utilização dos Equipamentos de Proteção Individual - EPI's.

DIVULGAÇÃO

O entorno do projeto de Instalação da Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos foi preparado para que todas as ações fossem divulgadas para a sociedade campinense e comunidade estudantil. Em forma de 'release', os meios de comunicação receberam sucintamente informações, contendo os objetivos e a metodologia que seria utilizada nos trabalhos com a comunidade da COTRAMARE. Este material despertou o interesse da imprensa o que influenciou na realização de algumas matérias jornalísticas produzidas no lixão de Campina Grande-PB.

Em paralelo, houve a colaboração da Prefeitura Municipal de Campina Grande - PMCG que através das Secretarias de Obras e Serviços Urbanos e Planejamento promoveram um encontro entre entidades que estivessem realizando ações em prol dos catadores para que os projetos específicos fossem apresentados à sociedade campinense. Participou a UFCG, UEPB, a Caritas, através do Projeto Esperança, além da própria PMCG. Este encontro realizado, no Centro Educacional da Jovem e teve como objetivo a integração as instituições para fortalecer as ações desenvolvidas com a cooperativa. Em reunião com todos os integrantes do Fórum Municipal Lixo e Cidadania - FMLC/CG, foi divulgada a intenção da UAEMA/UFCG em promover um evento para o ano de 2007, onde haveria abertura para discussões sobre Reciclagem de Resíduos Sólidos.

O evento divulgado acima foi realizado em março de 2007 (entre os dias 22 a 24), sendo denominado de “1º Simpósio Nordeste de Resíduos Sólidos - Gestão e Tecnologias de Reciclagem”, e aconteceu no Centro de Convenções Raimundo Asfora, no Hotel Garden Resort. Este contou com a participação de representantes de órgãos governamentais e não governamentais, instituições, discentes, docentes e interessados de toda região Nordeste, onde receberam informações atualizadas sobre desenvolvimento de projetos científicos acerca dos resíduos sólidos, mediante as palestras proferidas por especialistas da área, ocorrendo em paralelo, apresentações de trabalhos técnico-científicos em forma de pôsteres e orais. Sem dúvida este evento foi de grande importância para os participantes e a sociedade em geral, tendo em vista se tratar de um tema de relevância científica e social.

AVALIAÇÃO

Afim acompanhar as atividades desenvolvidas pela equipe executora, o grupo reunia-se semanalmente, as quartas-feiras para avaliação e planejamento das ações a serem executadas, as reuniões aconteciam sempre na UAEMA/UFCG. A interação entre a equipe ocorreu de forma a fortalecer as ações e enriquecer as discussões sobre as atividades individuais de cada participante.

AQUISIÇÃO E INSTALAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS

O início da compra dos equipamentos ocorreu em junho de 2006. Foram adquiridos parte do material necessário para o funcionamento da unidade, entretanto aguarda-se ainda a liberação da segunda parcela dos recursos pelo CNPq, para que a Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos possa funcionar como previsto no projeto. Foram adquiridos até então os seguintes equipamentos: 01 Forno da marca JUNG (1.300°C), 02 mesas de Inox para triagem, 01 Triturador de vidro da marca IGUAÇUMEC e 10 tambores de aço de 250L.

Além dos equipamentos acima mencionados, foram também adquiridos os equipamentos de proteção individual (botas, capacetes, fardamentos, máscaras, protetor auricular, luvas, etc.).

RESULTADOS OBTIDOS

Tendo como objetivo principal a inclusão e melhoria nas condições de trabalho dos catadores de resíduos da

Cooperativa de Trabalhadores de Materiais Recicláveis - CO-TRAMARE, foi implantada em Campina Grande-PB no bairro do Serrotão do Serrotão, a Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos. Até o momento foi possível alcançar os seguintes resultados:

- Realização de uma revisão bibliográfica sobre o tema abordado no projeto, a fim de obter conhecimentos teóricos.
- Apresentação do projeto as comunidades de catadores de Campina Grande e as autoridades locais (Associações, Cooperativas, Governo Municipal e Estadual);
- Obtenção de um diagnóstico inicial do perfil cultural, sócio-econômico e empreendedor das famílias de catadores da COTRAMARE;
- Parcerias firmadas com os governos estadual (com a cessão do espaço físico) e municipal (apoio na realização dos eventos (1º SINRES/2007));
- Boa integração entre a equipe executora e os catadores que residem no bairro do Serrotão, através das ações de sensibilização junto à comunidade;
- Capacitação para utilização de EPIS e distribuição dos mesmos para os catadores que irão atuar na Unidade;
- Treinamentos realizados pelo Corpo de Bombeiros para Prevenção de Incêndio e Primeiros Socorros;
- Realização de ações efetivas direcionadas a saúde preventiva, que contemplaram não somente os catadores da Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos, mas os catadores da comunidade do bairro do Serrotão;

- Elaboração de um banner informativo sobre o projeto, preparado pelos integrantes da equipe com a participação de profissionais da Unidade Acadêmica de Desenho Industrial, sendo utilizado para divulgação em eventos locais e nacionais.
- Realização do 1º Simpósio Nordeste sobre Resíduos Sólidos – Gestão e
- Tecnologia de Reciclagem (1º SINRES) com a participação de catadores, alunos,
- Professores, profissionais de universidades, instituições governamentais e não governamentais e sociedade civil de todo o nordeste.
- Assessoramento contínuo e realização de ações que contribuíram para o fortalecimento de Cooperativa de Catadores de Resíduos Sólidos (COTRAMARE);
- Registro de todas as atividades realizadas pelos projetos, através de fotos, relatórios, listas de presença e etc.;
- Divulgação dos resultados obtidos em eventos regionais e nacionais tais como: 17º. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais -17º. CBECIMAT (2006); ABES - I Simpósio Nordeste de Saneamento Ambiental. Novembro/2006; I Mostra Científica da ANPG - Congresso Nacional de Pós-graduação, entre outros.

Dos resultados obtidos nesta pesquisa foram produzidas duas Dissertações de Mestrado na área de Reciclabilidade e Durabilidade de Materiais do curso de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da UFCG.

REFERÊNCIAS

ABIVIDROS – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automotivas de Vidro. Boletim Informativo, 2003.

AMPUDIA, R. Reciclando a Consciência – Separar o lixo é simples e eficiente. Disponível em <http://www.jornaldo-meioambiente.com.br>. Acesso em 20/07/2007.

ANDRADE, H. F.; PRADO, M. L. Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos do município de Calda Novas – GO. Universidade Católica de Goiás/UCG, 2004.

ARMELLINE, C.; FERNANDES, D. Utilização da sucata de vidro Para Preparação de Novos Produtos. In: 48º congresso brasileiro de materiais. Anais. Curitiba-PR, 2004.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM, CEMPRES, (2004). Pesquisa Ciclosoft 2004. Disponível em: http://www.cempre.org.br/ciclosoft_2004.php. Acesso em 18/07/2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2006). Estimativa da População. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em 29/06/2006.

JORNAL DA PARAÍBA. O Problema do Lixo em Campina Grande, Reportagem: 15/10/2005.

MARI, E. A. LOS VIDROS. Vol 1. Buenos Aires: Américal, S. R. L, 1982.

RODRIGUES, A. C. M.; PEITL, O. Reciclagem de Vidros no Brasil: Um Panorama Geral. Universidade Federal de São Carlos/SP, 2000.

ZANOTTO, E. D. Vidro: Ciência, Tecnologia e Emprego no Brasil no Limiar do Terceiro Milênio. 1998.

CAPÍTULO 10

O DESIGN NA RECICLAGEM DE RESÍDUOS VÍTREOS GERADOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB



Louise Quirino Brasileiro
Cristlene Rodrigues da Silva Morai
Luiz Eduardo Cid Guimarães

10

O DESIGN NA RECICLAGEM DE RESÍDUOS VÍTREOS GERADOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB

Louise Quirino Brasileiro
Crislene Rodrigues da Silva Morais
Luiz Eduardo Cid Guimarães

RESUMO

O reaproveitamento de resíduos vítreos, além de reduzir o impacto ambiental, pode contribuir para a diversificação da fabricação de produtos e para a diminuição dos custos finais de sua produção. Este trabalho objetivou o desenvolvimento de peças funcionais e decorativas através da reciclagem de vidro plano, utilizando técnicas artesanais como Moldagem e Fusing. Foram gerados produtos com possibilidade comercial, inovadores, do ponto de vista formal e que podem ser produzidos com tecnologia disponível pelos Catadores da Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos de Campina Grande – PB. Como resultado desta intervenção pretende-se a sustentabilidade do grupo e a redução do impacto ambiental, demonstrando o potencial da cooperação transdisciplinar entre as duas áreas de conhecimento, o design e a engenharia de materiais, que juntas têm condições de desenvolver projetos que diminuam o impacto ambiental aumentando as possibilidades de sobrevivência de populações marginalizadas.

Palavras-chave: Projeto de produtos, materiais vítreos, reutilização de resíduos.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico permitiu à humanidade conceber infinita gama de produtos para seu benefício. Entretanto, neste processo a utilização desequilibrada dos recursos naturais tem comprometido o futuro do Planeta (RODRIGUES e PEITL, 2000).

Acreditamos que existem possibilidades concretas de reduzir o uso desenfreado desses recursos, através de projetos que consideram toda a cadeia produtiva e o ciclo de vida dos produtos. É esse o caso onde o eco-design pode ter impacto positivo.

“O eco - design” é o termo para uma crescente tendência nos campos da arquitetura, engenharia e design em que o objetivo principal é projetar lugares, produtos e serviços que de alguma forma reduzam o uso de recursos não renováveis ou minimizem o impacto ambiental. É vista diversas especialidades das engenharias com outras áreas de conhecimento (Wikipédia, 2008)

No caso do eco-design, a parceria entre designers industriais e engenheiros de materiais é crucial, tanto na fase de concepção quanto no reaproveitamento de resíduos sólidos provenientes de atividades industriais.

O presente trabalho é uma prova concreta dessa parceria essencial dos dias de hoje. É importante enfatizar a peculiaridade dessa intervenção e extensão universitária. Num trabalho com essas características, abordar a intervenção apenas sob o ponto de vista técnico não é suficiente e não garante a sustentabilidade da mesma. Devemos lembrar que estamos lidando com uma comunidade marginalizada do processo de desenvolvimento e que tem como alternativa de sobrevivência a catação de lixo. Também é importante colocar que nenhum membro da comunidade é artesão ou dispunha de habilidades que comunidades artesanais tradicionais já incorporaram. Ou seja, do ponto de vista da geração de emprego e renda através do artesanato, praticamente começou-se do zero. Visando minimizar os problemas causados pelo lixo no meio ambiente, pode-se reduzir, reutilizar ou reciclar toda espécie de resíduo (ABIVIDRO, 2006).

Utilizamos a reciclagem, que consiste em dar uma nova vida ao material, transformando-o novamente em matéria-prima para, a partir dele, fabricar novos produtos, trazendo benefícios diretos, tanto para população quanto para o meio ambiente. Para se decompor na natureza, o vidro leva milhares de anos. Sendo 100% reciclável, o vidro não produz resíduos na hora da reciclagem e economiza 30% de energia elétrica. Apesar de o vidro ser 100% reciclável ele não é biodegradável o que o torna um grande problema ambiental quando é simplesmente descartado, pois há o acúmulo de grande quantidade desse material que não é absorvido pela natureza em aterros sanitários (VASQUES et al., 2006).

No intuito de desenvolver produtos através da reciclagem do vidro plano, oriundo das vidraçarias de Campina Grande – PB, o projeto também pretendeu desenvolver um trabalho transdisciplinar entre a atividade do Desenho industrial e a Engenharia de materiais, considerando-se que as duas atividades são complementares.

Entre os objetivos estava a capacitação dos catadores de materiais vítreos em artesãos habilidosos e capazes de criar e construir peças de vidro que podem ser vendidas e admiradas, melhorando assim a auto-estima dos catadores e gerando uma fonte de renda para os mesmos.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

O resíduo sólido que foi utilizado nesta pesquisa foi o vidro plano, recolhido de vidraçarias da cidade de Campina Grande - PB. Estima-se que diariamente sejam jogados nos lixões em todo o Brasil 141 mil toneladas de lixo, onde cerca de 22,6 mil são vidros. Campina Grande – PB produz cerca de 2,7 toneladas de vidro por dia, trazendo graves consequências para o meio ambiente (JORNAL DA PARAÍBA, 2008).

MÉTODOS

Para desenvolvimento das peças de vidro, houve a capacitação dos catadores nas seguintes atividades:

- Curso no Ateliê Espaço Zero – Antes de repassar os conhecimentos de desenho, geração de conceitos e técnicas de trabalho com o vidro, a desenhista industrial e duas catadoras participaram de um curso de vidro. Este curso teve duração de 12 horas e ocorreu em São Paulo no Ateliê Espaço Zero. Foram vistas técnicas artesanais de *fusing*, sopro em cana, vitral e acabamento.
- Aulas de Desenho - Os catadores receberam um curso de 20 horas, através de aulas teóricas e práticas de desenho, para que os mesmos pudessem desenvolver novas peças. Foram vistas técnicas de estruturação do desenho através das formas básicas, assim como a utilização da simetria através de recortes de papel.
- Geração de Conceitos - Os conceitos foram gerados, com técnicas de desenho vistas anteriormente. Os desenhos foram analisados e vetorizados em programa gráfico (Corel Draw X4) para que os mesmos pudessem ser catalogados.
- Desenvolvimento de moldes – Os catadores tiveram um curso de 16 horas, com aulas práticas e teóricas, para o aprendizado do desenvolvimento de moldes em “concreto celular” para posteriormente obter peças em vidro.
- Manuseio do Vidro - Os catadores tiveram aulas práticas e teóricas de modelagem de vidro, através da técnica de *fusing*, onde o vidro é aquecido a altas temperaturas e adquire a forma do molde. Também foram vistas técnicas de acabamento para o vidro, como lixamento e polimento.

A maior parte da capacitação foi realizada nas instalações da Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos – ela está bem instalada e possui todo o equipamento necessário para o manuseio do vidro com segurança.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

CURSO DE VIDRO NO ESPAÇO ZERO:

O projeto teve início com a capacitação da aluna de mestrado e duas catadoras no curso de vidro realizado no Ateliê Espaço Zero, em São Paulo – SP.

O Espaço Zero é um centro de arte em vidro modesto, quando comparado a outros centros, mais importantes para os interessados na arte do vidro na América Latina.

“O Espaço Zero possui galeria, escola de vidraria, loja, restauração, biblioteca e sala de vídeo. A escola já reuniu nomes importantes da arte em vidro do País em exposições. Ela é equipada com ferramentas, fornos, materiais de segurança etc. que garantem a qualidade e seriedade da instituição. Possui uma biblioteca ampla que faz parte do acervo particular da designer Elvira Schuartz, proprietária do Espaço Zero, com quase 100 volumes à disposição do público” (SCHUARTZ, 2007).

Através da capacitação das participantes no curso de vidro, estas puderam adquirir conhecimento quanto ao manuseio do vidro nas técnicas artesanais do tipo moldagem (*fusing*), sopro em cana (Figura 1), vitral e acabamento. Foram geradas várias peças de vidro (Figura 2).

FIGURA 1 - FORNO PARA SOPRO EM CANA



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

FIGURA 2 - PEÇAS DE VIDRO



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

CAPACITAÇÃO DOS CATADORES

A capacitação de catadores de lixo, para torná-los artesãos foi um trabalho peculiar. Eram pessoas que não possuíam qualquer contato com o artesanato ou com habilidades manuais, e a partir das capacitações puderam adquirir sensibilidade e noções de técnicas de desenho e manuseio do material vítreo.

A capacitação iniciou-se com a introdução de técnicas de desenho, porém esta foi uma tarefa um pouco árdua, devido às dificuldades que os catadores tinham de frequentar as aulas, na medida em que alguns não tinham dinheiro sequer para se alimentar. Outros sustentavam suas famílias de seis membros com cerca de duzentos reais mensais, obtidos com a catação de lixo.

Foi necessária uma palestra que juntasse todos os interessados e mostrasse para eles que era necessária uma participação assídua dos integrantes do grupo para que houvesse a capacitação adequada do grupo. A partir daí o curso de desenho teve um reinício e nove catadores passaram a frequentar as aulas e realmente dar andamento ao projeto.

Durante as aulas de desenho foram vistas técnicas de estruturação da figura através das formas básicas, assim como a introdução de conceitos da simetria, através do uso de recortes de papel (Figuras 3 e 4). Para tal, os catadores desenharam sobre figuras de revistas as formas básicas de círculos, elipses, quadrados, retângulos, triângulos e linhas. Passaram a limpo as estruturas encontradas e redesenharam sobre o papel. Através da simetria foi possível desenhar objetos em papéis de revista dobrados e obter a forma “espelhada” ao recortar a mesma.

FIGURA 3: RESULTADOS OBTIDOS



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

FIGURA 4: RECORTANDO (A) E MOSTRANDO A SIMETRIA (B)

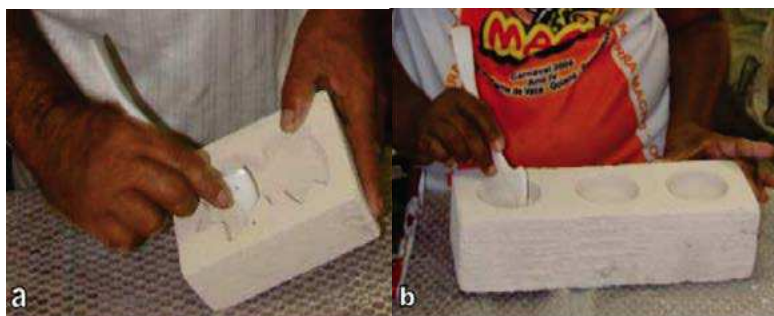


Fonte: Pesquisa Direta, 2007

Após as aulas de desenho iniciaram-se as aulas de confecção dos moldes. Para tal foram utilizadas placas de “concreto celular”, um produto constituído de cal, cimento, areia e pó de alumínio (um agente expansivo que funciona como fermento, fazendo a argamassa crescer e ficar cheia de células de ar, tornando-a leve), além de água. Cortada em blocos ou painéis, que vão para uma autoclave para cura, a argamassa dá origem ao silicato de cálcio, composto com alta resistência à compressão e ao fogo (REVISTA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO, 2008).

Os desenhos foram repassados para o concreto celular através de lápis hidrocor; em seguida iniciou-se o processo de escultura, onde determinadas partes do desenho foram rebaixadas com o auxílio de ferramentas apropriadas. Após esculpidos (Figuras 5 (a) e 5 (b), 6 (a) (b) e 7), os moldes foram recobertos por caulim para eliminar os pequenos orifícios do concreto celular.

FIGURA 5 - (A): DESENHOS SENDO REPASSADOS PARA O CONCRETO CELULAR
(B) : DESENHOS SENDO REPASSADOS PARA O CONCRETO CELULAR



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

O caulim é um minério composto de silicatos hidratados de alumínio, como a caulinita e a haloisita, e apresenta características especiais que permitem sua utilização no fabrico de papel, cerâmica, tintas, etc. Pode ser utilizado para adição ou substituição das argilas plásticas. Apresentam plasticidade e resistência mecânica, a seco. É de coloração branca e funde a 1800°C (WIKIPEDIA, 2008).

FIGURA 6 - TRABALHANDO COM CONCRETO CELULAR (A) E (B)



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

FIGURA 7 - MOLDES PRONTOS



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

O vidro foi cortado, colocado acima do molde e pintado com tintas para cerâmica. Por ser transparente, o vidro possibilitou a visualização do desenho feito no molde, facilitando o processo de pintura.

Para queima da pintura e derretimento parcial do vidro foi utilizada a temperatura de 730°C, com a técnica de Fusing no forno da marca Jung e referência JP 10090 - 55x 40 x 45 cm, com capacidade de 100 litros, temperatura máxima de 900°C⁽¹⁰⁾. O vidro adquiriu as formas do rebaixo do molde e suas cores ficaram mais vivas, resultando em um bom acabamento (Figuras 8 a, b e c).

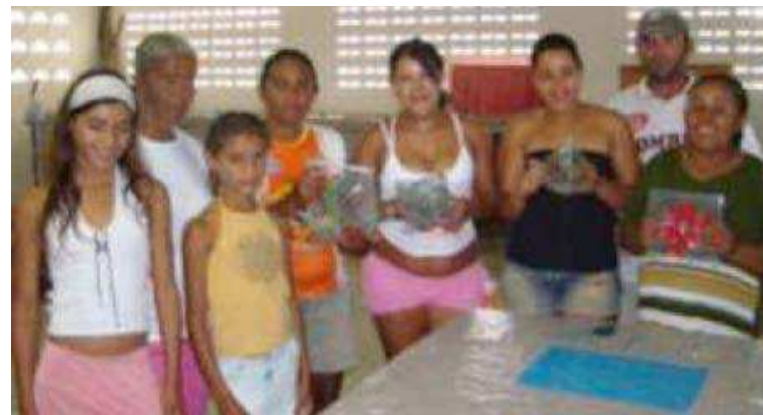
FIGURA 8 - (A): MOLDE, (B): VIDRO PINTADO E (C): VIDRO APÓS QUEIMA



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

Por fim a equipe de novos artesãos (Figura 9) foi capacitada e chegaram a resultados bastante plausíveis (Figura 10), principalmente por nunca terem tido contato com o artesanato anteriormente. Provando mais uma vez a importância da transdisciplinaridade entre a Engenharia de Materiais e o Desenho Industrial.

FIGURA 9 - EQUIPE DE NOVOS ARTESÃOS



Fonte: Pesquisa Direta, 2008

FIGURA 10 - PEÇAS DE VIDRO FEITAS PELA EQUIPE



Fonte: Pesquisa Direta, 2008

CONCLUSÕES

Concluimos que a capacitação dos catadores de vidro é o resultado de um processo que os tornará artesãos habilitados, capazes de transformar o lixo em algo útil, aumentando sua autoestima e criando uma fonte de trabalho e renda.

Naturalmente existiram várias dificuldades durante o projeto, principalmente devido às condições de vida dos catadores, a baixa renda e também o problema do domínio do ofício de desenhar, desenvolver os moldes e fabricar produtos em vidro. Esses catadores de lixo, foram capacitados e suas habilidades técnicas foram construídas gradativamente, tornando-os artesãos habilidosos que conseguem obter excelentes resultados em peças de vidro.

Quanto ao manuseio do vidro, as oficinas em São Paulo auxiliaram de maneira positiva o andamento do projeto, fazendo com que, através do treinamento e domínio de algumas técnicas, os novos artesãos pudessem criar novas peças, gerando assim trabalho e renda para os catadores.

Do ponto de vista técnico, ficou claro que o resíduo vítreo é um material que pode ser explorado de forma criativa, resultando em produtos de qualidade e com bom potencial de comercialização. Porém, ainda existe a necessidade de se realizar testes com novos protótipos para que se possa ter um procedimento reproduzível em uma escala maior. Para que isso seja viabilizado é fundamental que essa parceria de sucesso entre desenho industrial e a engenharia de materiais seja aprofundada. Essa troca entre as duas áreas de conhecimento é o que possibilitará as condições de criação e produção com a qualidade necessária para a introdução desses produtos no mercado.

Recomendamos que se aprofunde a capacitação e a produção de peças para o desenvolvimento das habilidades, tanto de projeto de produto, quanto de domínio do material e do processo produtivo para que todos estes efeitos sejam amalgamados, possibilitando a sustentabilidade da interven-

ção. É importante não esquecer o aspecto da comercialização que inclui, entre outras coisas, a criação de uma identidade visual para o grupo e uma estratégia de divulgação do trabalho dessa comunidade.

Finalmente, consideramos satisfatórios os resultados dessa experiência ressaltando que a metodologia participativa empregada é vista como crucial para que haja a tão almejada sustentabilidade e melhoria das condições de vida destas pessoas.

REFERÊNCIAS

ABIVIDRO – Associação Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. Anuário ABIVIDRO 2006. ABIVIDRO, São Paulo, 2006.

Caulim. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Caulim>>. Acesso em 20 jul. 2008.

Eco-design. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Eco-design>>. Acesso em 10 ago. 2008.

JORNAL DA PARAÍBA. Reciclagem de vidro em CG é de 20 t mês. Disponível em: <<http://www.achanoticias.com.br/noticia.kmfnoticia=3694454>>. Acesso em: 28 jul. 2008.

Revista Arquitetura & Construção - jul/96. Disponível em: <<http://www.catep.com.br/dicas/CONCRETO%20CELULAR.htm>>. Acesso em 15 jul. 2008.

RODRIGUES, A. C. M.; PEITL, O. Reciclagem de Vidros no Brasil: Um Panorama Geral. Universidade Federal de São Carlos/SP, 2000.

SCHUARTZ, E. História Do Espaço Zero. Disponível em: <<http://www.espacozero.com.br/index.asp?sub=doespaco>>. Acesso em 10 set. 2007.

VASQUES, R. A., ROCHA, V. C, FERNANDES, D. M. P. Vidro Reciclado Aplicado a Revestimentos Cerâmicos. In: 51 Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2007. Anais. Bahia, Volume 1, Brasil, 2007, p. 1-12.

CAPÍTULO 11

RECICLAGEM ARTESANAL DE RESÍDUOS VÍTREOS: PROPOSTA DE SUSTENTABILIDADE PARA UM GRUPO DE CATADORES



Louise Quirino Brasileiro
Myrla Lopes Torres
Luiz Eduardo Cid Guimarães
Crislene Rodrigues da Silva Moraes

11

RECICLAGEM ARTESANAL DE RESÍDUOS VÍTREOS: PROPOSTA DE SUSTENTABILIDADE PARA UM GRUPO DE CATADORES

Louise Quirino Brasileiro

Myrla LopesTorres

Luiz Eduardo Cid Guimarães

Crislene Rodrigues da Silva Morais

RESUMO

O resíduo vítreo é 100% reciclável e seu reaproveitamento, além de reduzir o impacto ambiental, pode contribuir para a diversificação da fabricação de produtos e para a diminuição dos custos finais de sua produção. Este trabalho objetivou a reciclagem em escala artesanal de resíduos vítreos oriundos das vidraçarias e do descarte urbano da cidade de Campina Grande-PB, visando a sustentabilidade de um grupo de catadores. Para tanto foram utilizados resíduos de vidros planos eocos que após caracterização foram submetidos a diferentes programações de temperatura, visando a obtenção de novos produtos.

Palavras-chave: reciclagem; resíduos vítreos; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Segundo Niemeyer (1998), o design busca integrar os aportes de diferentes especialistas, desde a especificação de matéria-prima, produção, utilização e destino final do produto.

Visando minimizar os problemas causados pela extração de matéria-prima e pelo descarte de produtos ao meio ambiente, pode-se basear no princípio dos 3Rs, onde busca-se reduzir, reutilizar ou reciclar quase todos os resíduos sólidos. A redução do impacto ambiental pode ser atingida, principalmente, através da implantação do eco-design de produtos e da aplicação de novas tecnologias menos poluentes.

Gomez e Braum (2008) afirmam que o eco-design é o termo para uma crescente tendência nos campos da arquitetura, engenharia e design em que o objetivo principal é projetar estruturas, habitações, produtos e serviços que de alguma forma reduzam o uso de recursos não-renováveis ou minimizem o impacto ambiental. É visto como uma ferramenta necessária para atingir o desenvolvimento sustentável.

Eco-design possui como objetivo principal projetar produtos que reduzam o uso de recursos não-renováveis e/ou minimizem o impacto ambiental. É vista como uma ferramenta necessária para atingir o desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento sustentável é definido como o crescimento tecnológico e social que garante a manutenção adequada das condições ambientais tanto no presente, quanto no futuro. Este conceito visa promover o equilíbrio entre a integridade dos sistemas naturais e o suprimento das neces-

sidades humanas, permitindo a continuidade desta inter-relação (MEDEIROS, 2006).

Schneider (2008), afirma que a grande busca pelo desenvolvimento sustentável, visando a preservação dos recursos naturais renováveis e não renováveis tem gerado um maior interesse pelas pesquisas de reciclagem e reutilização de materiais.

Segundo Santos (2007), a reciclagem é uma das alternativas de tratamento de resíduos sólidos mais vantajosas, tanto do ponto de vista ambiental quanto do social. Além de diminuir o volume de lixo e a poluição, quando há um sistema de coleta seletiva bem estruturada, a reciclagem é uma atividade econômica rentável. Pode gerar emprego e renda para as famílias de catadores de materiais recicláveis, que devem ser os parceiros prioritários na coleta seletiva.

O vidro é 100% reciclável, ou seja, ele pode ser usado e posteriormente utilizado como matéria-prima, na fabricação de novos vidros. Tal processo utiliza resíduos descartados como fonte de manufatura, contribuindo, portanto, para preservação dos recursos naturais e diminuição da poluição.

Rocha (2002), afirma que a reciclagem de resíduos vítreos consiste em utilizar vidros que já foram descartados, como fonte de manufatura de novos produtos. Este sistema de tratamento de lixo contribui para preservar os recursos naturais e diminuir a poluição.

Embora os resíduos vítreos não sejam tóxicos, eles são lançados, de maneira aleatória, ocupando um grande volume nos lixões das cidades, podendo provocar ferimentos e doenças nas pessoas que os manipulam.

Conforme Oliveira (2007), a cidade de Campina Grande, situada no estado da Paraíba não dispõe de coleta seletiva municipal. Existe uma Cooperativa de Trabalhadores de Materiais Recicláveis (COTRAMARE), fundada em novembro de 2001, localizada no lixão, que atualmente tem cerca de 30 cooperados. Todo o material que é comercializado na cooperativa é catado no próprio lixão.

O foco deste estudo foi à compreensão do comportamento das composições vítreas diante de diferentes temperaturas de queima. Em um segundo momento, realizou-se a capacitação de catadores da Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos, através de oficinas que possibilitaram o aprendizado sobre técnicas de elaboração e processamento de resíduos vítreos, levando ao desenvolvimento de produtos com design inovador, do ponto de vista formal.

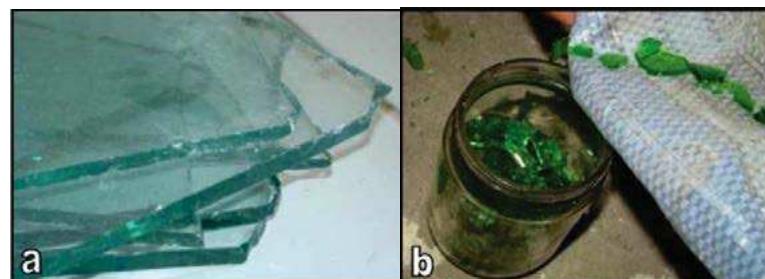
MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

Os principais materiais utilizados nesta pesquisa foram os resíduos vítreos (plano e oco), provenientes de vidraçarias e do descarte urbano do município de Campina Grande-PB, além do concreto celular, o caulim e os esmaltes (vítreos e porcelânicos).

- **Vidro:** O resíduo de vidro plano (Figura 1a) é proveniente de vidraçarias localizadas na cidade de Campina Grande. Os resíduos de vidro oco (Figura 1b) são oriundos da coleta seletiva realizada no município. Estes materiais foram beneficiados (separação por tipo e cor, lavagem e trituração) antes da caracterização e processamento.
- **Preparação das Amostras:** Os resíduos de vidro plano de 4mm e de 10mm foram cortados em quadrados com 7,5cm (para compor a base das amostras) e quadrados de 4cm para sobreposição. Já os vidros ocos foram classificados (por cor e tipo), lavados e triturados. Além dos resíduos vítreos foram utilizados os esmaltes para composição das amostras.

FIGURA 1 - (A): RESÍDUOS VÍTREOS PLANO UTILIZADOS NA PESQUISA; (B): RESÍDUOS VÍTREOS OCO UTILIZADOS NA PESQUISA

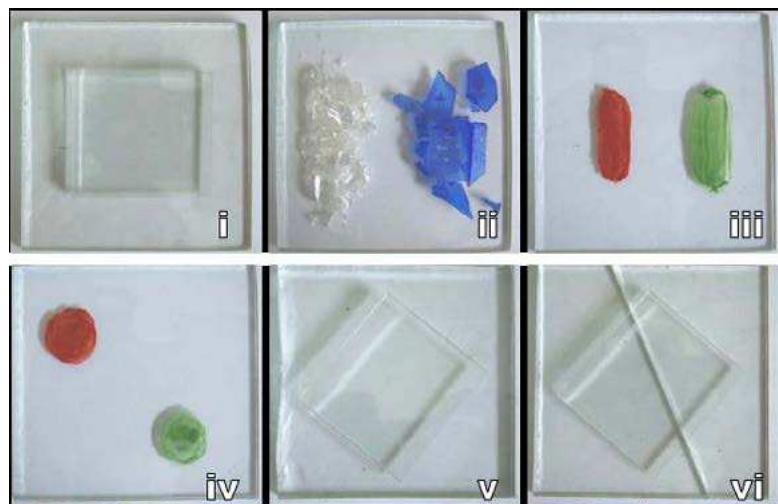


Fonte: Pesquisa Direta, 2007

Foram preparadas 6 (seis) composições envolvendo vidros planos (4mm e 10mm), ocos coloridos e esmaltes (ví-

treo e porcelânico), Figura 2, e para cada composição foram preparadas 18 (dezoito) amostras.

FIGURA 2 - COMPOSIÇÕES VÍTREAS ANTES DA QUEIMA



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

A composição 1 (Figura 2i) foi preparada pela sobreposição de dois quadrados de lados diferentes. A composição 2 (Figura 2ii) foi preparada utilizando sobre a base cacos de vidro oco azuis e brancos dispostos em duas fileiras. Nas composições 3 (Figura 2iii) e 4 (Figura 2iv) foram adicionados os esmaltes porcelânicos e vítreos, respectivamente, nas cores vermelho e verde formando fileiras e círculos. A composição 5 (Figura 2v) foi preparada a partir da sobreposição de um losango e um quadrado (base 10mm). A composição 6 (Figura 2vi) foi preparada pela sobreposição de um losango e um quadrado (base 4mm) fraturado ao meio.

- **Concreto celular:** Os moldes utilizados na fabricação das peças de vidro foram confeccionados em blocos de concreto celular - produto constituído pela mistura de cal, cimento, areia, pó de alumínio e água (argamassa), que expande proporcionando o surgimento de poros, tornando-o leve - de alta resistência à compressão e ao fogo. Os blocos chegaram ao laboratório com dimensões de 70x30x10cm (Figura 3).

FIGURA 3 - CONCRETO CELULAR



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

Foram confeccionados 6 (seis) moldes com dimensões de 15x30x10cm, com uma meia esfera (3x1,5cm) esculpida em baixo relevo. Cada um acomodou 3 (três) amostras (Figura 4).

- **Caulim:** O caulim utilizado nesta pesquisa foi adquirido no comércio local, tendo sido utilizado para o isolamento e recobrimento dos moldes de concreto celular. Além de facilitar o processo de desmoldagem das peças produzidas.

FIGURA 4 - MOLDES EM CONCRETO CELULAR PARA ACOMODAÇÃO DAS AMOSTRAS



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

- **Esmaltes vítreos e porcelânicos:** Os esmaltes utilizados na pigmentação das amostras foram do tipo vítreo e porcelânico. Durante a aplicação do mesmo sobre o vidro foi necessária a diluição em água (proporção de 20% para água, e 80% para o esmalte em pó). Os esmaltes apresentam temperaturas de fusão diferentes, motivo pelo qual se faz necessário estudar seu comportamento a fim de otimizar seu uso.

MÉTODOS

Foram realizados ensaios quanto ao comportamento do vidro em função das temperaturas de queima (processa-

mento). Além dos ensaios também foram realizadas oficinas de formação dos catadores de resíduos vítreos (capacitação para a reciclagem).

- **Comportamento vítreo em função das temperaturas de queima:** Para analisar o comportamento das composições vítreas em função das temperaturas de queima, foi utilizado um forno da marca Jung Blumenau, modelo MCJ-10S NICR-NI48,09mV (Figura 5) com dimensões internas de 65x50x50cm.

FIGURA 5 - FORNO JUNG BLUMENAU MCJ-10S NICR-NI48,09MV



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

Foram estudadas 4 (quatro) temperaturas (700°C, 750°C, 800°C e 850°C) e três procedimentos para queima das composições, como apresentada na Tabela 1.

No primeiro procedimento (temperaturas de queima **a**, **b**, **c** e **d**) utilizou-se um aquecimento dinâmico com taxa de 5,0°C/min, e resfriamento de 2,0°C/min.

No segundo (temperatura de queima **e**), o forno foi aquecido até metade da temperatura desejada e mantida nesta por 30min (isotérmico), em seguida, o aquecimento foi retomado até atingir a temperatura final.

O resfriamento neste procedimento se deu com a abertura do forno por 15 segundos (choque térmico) e em seguida, ocorreu com taxa de 2,0°C/min.

TABELA 1: LISTA DE AMOSTRAS E TEMPERATURAS ESCOLHIDAS PARA OS TESTES

Comp.*	Descrição	Temperaturas de queima					
		a	b	c	d	e	f
1	Vidro plano 4mm + Vidro plano 4mm						***
2	Vidro plano 4mm + Vidro oco colorido						C.T.***
3	Vidro plano 4mm + Esmalte Porcelânico	700°C	750°C	800°C	850°C		
3	Vidro plano 4mm + Esmalte Vítreo	700°C	750°C	800°C	850°C		
5	Vidro plano 10mm + Vidro plano 4mm						800°C + T.P.** + C.T.***
6	Solda de dois Vidros plano 4mm						800°C + C.T.***

*= Composição/**= Temperatura Patamar/***= Choque Térmico

No terceiro (temperatura de queima **f**), o forno utilizou um aquecimento dinâmico com taxa de 5,0°C/min, e resfriamento através da abertura do forno por 15 segundos (choque térmico) e em seguida, fechamento do forno e resfriamento com taxa de 2,0°C/min. Em todos os procedimentos, as amostras permaneceram no forno até atingirem a temperatura ambiente.

- **Capacitação durante o curso no Ateliê Espaço Zero:** Almejando o domínio de técnicas artesanais de manuseio do resíduo vítreo, a equipe participou do curso de Artesanato em Vidro, com duração de 12 horas, realizado em São Paulo – SP, para o aprimoramento de técnicas de fusão, sopro em cana, vitral e acabamento.

- **Capacitação dos catadores:** Cerca de 20 catadores de resíduos sólidos participaram, na Unidade de Beneficiamento de Materiais Vítreos, de oficinas em diversas áreas, como: desenho e pintura, desenvolvimento de moldes e beneficiamento, pigmentação e queima dos vidros. Para realização das oficinas foram utilizados materiais didáticos e os necessários à produção das peças de vidro.

-Oficina de desenho e pintura: Durante oficinas de desenho, foi estudada a técnica de análise estrutural de imagens, onde formas geométricas básicas (círculos, elipses, quadrados, retângulos, triângulos e linhas curvas e retas) são identificadas sobre os desenhos. Também foram estudadas as cores e suas características.

Os estudos quanto à História da Arte foram introduzidos com base nos livros: Vida e Obra de Picasso; Curso de desenho e pintura; Mestres da pintura, Picasso, Gauguim, Modigliani e Vincent Van Gogh.

Os desenhos produzidos pelos catadores foram, posteriormente, catalogados selecionados e tratados graficamente,

a fim de proporcionar um maior contraste e definição dos mesmos com o auxílio de um editor de imagens (Photoshop CS3). Em seguida estes foram vetorizados em programa gráfico (Corel Draw X4). As imagens vetorizadas não perdem qualidade ao serem ampliadas, já que os vetores são funções matemáticas que se adequam facilmente às escalas. Alguns desenhos foram ampliados, reproduzidos e pintados, com lápis madeira, giz de cera coloridos e tintas guache, pelos catadores a fim de utilizar como modelo na pigmentação das peças de vidro.

-Desenvolvimento de moldes: Através de oficinas, os catadores desenvolveram habilidades na preparação dos moldes em concreto celular, onde blocos foram diminuídos a fim de obterem tamanhos compatíveis ao do desenho. Em seguida os desenhos foram repassados para os blocos com auxílio do papel carbono e esculpido utilizando o ângulo de saída de 110° com a base. A ferramenta manual utilizada para esculpir o concreto celular foi o formão e a elétrica foi Dremel. As posições dos vidros, em relação aos moldes foram de três tipos (interno sem abas, interno com abas e externo). E sua aplicação foi determinada através do tipo de cada desenho e grau de dificuldade.

























-Beneficiamento, pigmentação e queima dos vidros: Foram realizadas diversas oficinas, com o objetivo de proporcionar o conhecimento acerca das formas de beneficiamento de resíduos vítreos, bem como os procedimentos para pigmentação e queima das peças.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

COMPORTAMENTO VÍTREO EM FUNÇÃO DAS TEMPERATURAS DE QUEIMA

- **Composições 1 e 2:** os resultados visuais das composições 1 (Vidro plano de 4mm + vidro plano de 4mm) e 2 (Vidro plano 4mm + vidro oco colorido), em função das temperaturas máximas de queima utilizadas durante a realização do processo de conformação podem ser verificadas na Tabela 2.

TABELA 2 – RESULTADOS VISUAIS DAS COMPOSIÇÕES 1 E 2

Item	Temp.	Vidro plano 4mm + Vidro plano 4mm		Vidro plano 4mm + vidro oco colorido	
a	700°C				
b	750°C				
c	800°C				
d	850°C				
e	800°C				
f	800°C				

Fonte: Pesquisa Direta, 2008

- (a) Nas duas composições percebe-se que para a temperatura de queima de 700°C os vidros não fundiram, suas extremidades continuaram cortantes e não houve conformação dos materiais ao molde, tendo os mesmos permanecidos brilhantes e transparentes.
- (b) Para temperatura de queima de 750°C, pode-se observar que se iniciou o processo de fusão dos vidros e suas extremidades perderam o corte. Observa-se uma pequena conformação dos materiais ao molde e os mesmos se mantêm brilhosos e transparentes.
- (c) Para temperatura de queima de 800°C, pode-se observar que os vidros fundem totalmente e suas extremidades tornaram-se abauladas, além de ocorrer a conformação total do material ao molde. Pode-se ainda observar a perda de brilho e transparência, que podem ser explicadas pelo processo de desvitrificação (cristalização), tendo em vista que não ocorreu o resfriamento brusco da amostra.
- (d) Na temperatura de queima de 850°C, pode-se observar a fusão completa dos vidros, tendo ocorrido o escoamento da massa vítrea para o interior do molde, fazendo com que a amostra perdesse sua forma inicial. Da mesma forma que o anterior, ocorreu a perda de brilho e transparência, devido ao processo de desvitrificação.
- (e) A temperatura de 800°C foi a mais adequada para fusão destas composições, porém, devido à desvitrificação, foi necessária a realização de uma nova queima que utilizasse a temperatura patamar, onde ocorreu o aquecimento constante por 30 minutos até a metade da temperatura final desejada. Após este tempo o forno voltou a ser aquecido até atingir a temperatura final. Ao final do aquecimento houve a aber-













- tura da porta por 15 segundos para que houvesse o choque térmico. Durante este novo procedimento pode-se observar que os vidros fundiram totalmente e suas extremidades tornaram-se abauladas, além de ocorrer a conformação total do material ao molde. Pode-se ainda observar peças com brilho e transparência, característicos de materiais vítreos.
- (f) Durante o último procedimento foi repetida a temperatura de 800°C com aquecimento constante e choque térmico no final. Tal experimento resultou em peças similares às obtidas anteriormente, comprovando que o que evita a desvitrificação é o choque térmico, e não o processo de aquecimento até a temperatura patamar.

• **Composições 3 e 4:** Os resultados visuais das composições 3 (vidro plano de 4mm + Esmalte Porcelânico) e 4 (vidro plano de 4mm + Esmalte Vítreo), em função das temperaturas máximas de queima utilizadas durante a realização do processo de conformação podem ser verificadas na Tabela 3.

- (a) Percebe-se que para a temperatura de queima de 700°C os dois esmaltes se aderem ao vidro, porém o porcelânico com acabamento áspero e fosco, e o vítreo com acabamento brilhante e liso (temperatura ideal para fusão do esmalte vítreo, porém não ideal para conformação do vidro). Suas extremidades continuaram cortantes e não houve conformação do material ao molde, tendo o vidro (base) permanecido brilhante e transparente.
- (b) Para temperatura de queima de 750°C, os dois esmaltes se aderem ao vidro, porém o porcelânicos com acabamento brilhante e liso e o vítreo com uma pequena perda de inten-

sidade dos pigmentos. As extremidades das bases dos dois perderam o corte, observa-se uma pequena conformação do material ao molde e a mesma se mantém brilhosa e transparente.

TABELA 3 – RESULTADOS VISUAIS DAS COMPOSIÇÕES 3 E 4

Item	Temp.	Vidro plano 4mm + Esmalte porcelânico	Vidro plano 4mm + Esmalte Vítreo
a	700°C		
b	750°C		
c	800°C		
d	850°C		
e	800°C		
f	800°C		

Fonte: Pesquisa Direta, 2008

(c) Para temperatura de queima de 800°C, pode-se observar uma pequena perda de intensidade das cores dos esmaltes porcelânicos e uma maior perda de intensidade das cores dos esmaltes vítreos. As extremidades do vidro tornaram-se abauladas, além de ocorrer a conformação total do material ao molde. Podendo ainda observar a perda de brilho e trans-













parência do vidro, que podem ser explicadas pelo processo de desvitrificação (cristalização), tendo em vista que não ocorreu o resfriamento brusco da amostra.

- (d) Na temperatura de queima de 850°C, pode-se observar uma maior perda de intensidade das cores dos esmaltes porcelânicos e uma grande perda de intensidade das cores dos esmaltes vítreos. As extremidades do vidro tornaram-se abauladas, além de ocorrer a conformação total do material ao molde. Houve o escoamento da massa vítrea para o interior do mesmo, fazendo com que a amostra perdesse sua forma inicial. Também ocorreu a desvitrificação.
- (e) A temperatura de 800°C foi a mais adequada para fusão e conformação do esmalte porcelânico, porém, devido à desvitrificação, foi necessária a realização de uma nova queima que utilizasse a temperatura patamar. Durante este novo procedimento pode-se observar que os vidros fundiram totalmente e suas extremidades tornaram-se abauladas, além de ocorrer à conformação total do material ao molde. Pode-se ainda observar peças com brilho e transparência, característicos de materiais vítreos.
- (f) Durante o último procedimento foi repetida a temperatura de 800°C com aquecimento constante e choque térmico no final. Tal experimento resultou em peças similares às obtidas anteriormente, comprovando que o que evita a desvitrificação é o choque térmico, e não o processo de aquecimento até a temperatura patamar.

Verificou-se que o esmalte vítreo não é indicado para conformações, tendo em vista que o mesmo perde a colo-

ração aos 800°C. Portanto o pigmento indicado para conformações em vidro é o esmalte porcelânico.

TABELA 4 – RESULTADOS VISUAIS DAS COMPOSIÇÕES 5 E 6.

Item	Temp.	Vidro plano 10mm + Vidro plano 4mm	Solda de 2 vidros planos 4mm
a	700°C		
b	750°C		
c	800°C		
d	850°C		
e	800°C		
f	800°C		

Fonte: Pesquisa Direta, 2008.

(a) Percebe-se que para a temperatura de queima de 700°C os vidros iniciaram a fusão na composição 5 e fusão e solda na composição 6. Suas extremidades continuaram cortantes e não houve conformação dos materiais ao molde, tendo os mesmos permanecidos brilhantes e transparentes.

(b) Para temperatura de queima de 750°C, pode-se observar o processo de fusão e solda entre os vidros e suas extremidades perderam o corte. Observa-se uma pequena conformação dos materiais ao molde e os mesmos se mantêm brilhosos e transparentes.

(c) Para temperatura de queima de 800°C, pode-se observar que os vidros fundem totalmente e suas extremidades tornaram-se abauladas, além de ocorrer a conformação total do material ao molde. Podendo ainda observar a perda de brilho e transparência, que podem ser explicadas pelo processo de desvidrificação (cristalização), tendo em vista que não ocorreu o resfriamento brusco da amostra.

(d) Na temperatura de queima de 850°C, pode-se observar a solda e fusão completa dos vidros, onde ocorreu o escoamento da massa vítrea para o interior do molde, fazendo com que a amostra perdesse sua forma inicial. Também ocorreu a desvitrificação.

(e) A temperatura de 800°C foi a mais adequada para a solda e fusão destas composições. Porém, devido à desvitrificação, foi necessária a realização de uma nova queima que utilizasse a temperatura patamar. Durante este novo procedimento pode-se observar que os vidros fundiram totalmente e suas extremidades tornaram-se abauladas, além de ocorrer a conformação total do material ao molde. Pode-se ainda observar peças com brilho e transparência, característicos de materiais vítreos.

(f) Durante o último procedimento foi repetida a temperatura de 800°C com aquecimento constante e choque térmico no final. Tal experimento resultou em peças similares às obtidas anteriormente, comprovando que o que evita a desvitrifica-

ção é o choque térmico, e não o processo de aquecimento até a temperatura patamar.

Verificou-se que devido à massa do vidro de 10mm, o mesmo possuiu maior deformação em comparação ao de 4mm. A solda dos vidros se mostrou satisfatória, porém é necessário o uso de vidros que intercalem o sentido das emendas (estilo xadrez) para que a peça fique mais resistente.

CAPACITAÇÕES

- **Curso no Ateliê Espaço Zero:** Durante a participação da equipe no curso de Artesanato em Vidro, foi possível adquirir noções básicas em: confecção de moldes em concreto celular e *wetfelt* (manta molhada); fusão do vidro; sopro em cana; além de técnicas em vitral e beneficiamento. Os resultados obtidos no curso podem ser vistos na Figura 5.

FIGURA 5 – RESULTADOS COM A TÉCNICA VISTAS NO CURSO DE ARTESANATO EM VIDRO



Fonte: Pesquisa Direta, 2008

- **Capacitação dos catadores:** O grupo de catadores recebeu diversas capacitações visando o aprendizado e domínio das técnicas.

- **Oficina de desenho e pintura:** Com o uso da técnica de análise estrutural de imagens, foi possível a produção de diversos desenhos pelo grupo (Figura 6).

FIGURA 6 – DESENHO DE ESTRUTURAS E SIMETRIAS COM RECORTE PRODUZIDO PELO GRUPO



Fonte: Pesquisa Direta, 2008

Visando o desenvolvimento do processo criativo, a história da arte foi brevemente apresentada, a partir da exibição de obras e um pouco da vida de artistas famosos como Matisse. (Figura 7a), Monet (Figura 7b), Picasso (Figura 7c) e Salvador Dali.

FIGURA 7 – PINTURAS DE ARTISTAS FAMOSOS APRESENTADAS AO GRUPO DE CATADORES

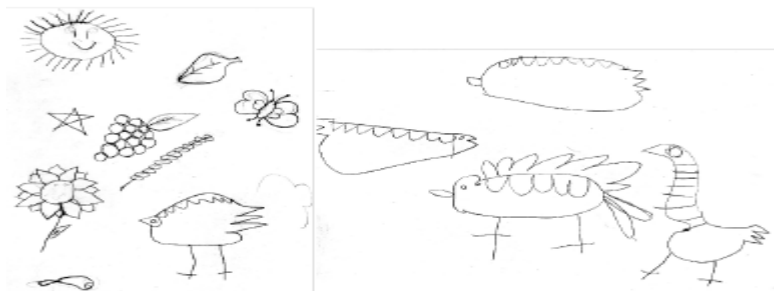


Fonte: Pesquisa Direta, 2008

Durante as oficinas de desenho foram geradas várias representações pelos catadores, algumas delas podem ser

visualizadas na Figura 8. Em seguida os desenhos foram catalogados e alguns selecionados, visando a produção de peças em vidro. Após a seleção estes desenhos foram editados graficamente (Photoshop CS3).

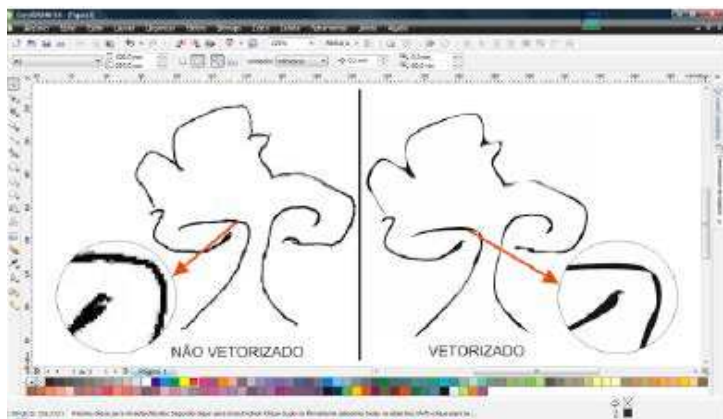
FIGURA 8 – ALGUNS DOS DESENHOS ELABORADOS PELO GRUPO DE CATADORES



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

As imagens selecionadas foram vetorizadas, a fim de serem utilizadas para as aulas de pintura, bem como a produção dos moldes (Figura 9).

FIGURA 9 – INTERFACE DO COREL DRAW X4 NA VETORIZAÇÃO DE IMAGENS



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

Alguns dos resultados obtidos através da separação, tratamento e vetorização dos desenhos podem ser verificados na Figura 10.

FIGURA 10 – ALGUNS DOS DESENHOS SELECIONADOS E VETORIZADOS



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

Através de oficinas de pinturas houve a interação do grupo, possibilitando assim um trabalho em equipe (Figura 11) e a geração de pinturas diferenciadas (Figura 12).

FIGURA 11 – CATADORES DURANTE OFICINA DE DESENHO



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

FIGURA 12 – ALGUNS DOS DESENHOS PINTADOS PELOS CATADORES



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

-Desenvolvimento dos moldes: Nesta etapa, os catadores desenvolveram moldes em concreto celular, com o auxílio de ferramentas manuais e elétricas (Figura 13).

FIGURA 13 - TRABALHO REALIZADO DURANTE AS OFICINAS DE DESENVOLVIMENTO DE MOLDES



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

Como resultados foram produzidos moldes de diferentes tamanhos, formas e conformações, baseados nos desenhos elaborados pelo grupo (Figura 14).

FIGURA 14 – MOLDES EM CONCRETO CELULAR DESENVOLVIDOS PELO GRUPO



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

As posições dos vidros, em relação aos moldes foram de três tipos (interno sem abas, interno com abas e externo) e sua aplicação foi determinada através do tipo de cada desenho e grau de dificuldade.

Durante as oficinas, pôde-se observar o aprendizado de desenvolvimento dos moldes, garantindo assim o andamento do projeto.

-Beneficiamento, pigmentação e queima dos vidros: Os resultados obtidos nesta etapa foram de fundamental importância para o processo de reciclagem dos resíduos vítreos.

Como atividades de beneficiamento dos resíduos vítreos, foram realizados procedimentos de limpeza, separação por tipo e cor, além da trituração e corte (Figura 15).

Antes da pigmentação das peças, se fez necessário o recobrimento dos moldes com caulim (Figura 16), a fim de preencher os poros existentes no concreto celular, além de isolá-lo do vidro após a fusão, facilitando com isso o processo de desmoldagem das peças.

FIGURA 15 – LIMPEZA, TRITURAÇÃO E CORTE DOS RESÍDUOS VÍTREOS



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

FIGURA 16 – APLICAÇÃO DE CAULIM SOBRE OS MOLDES DE CONCRETO CELULAR



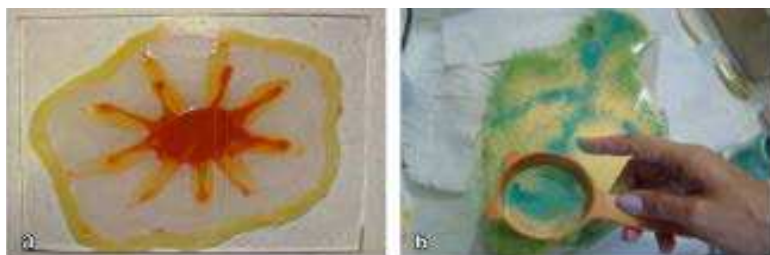
Fonte: Pesquisa Direta, 2007

A Figura 17 apresenta alguns trabalhos em que a pigmentação dos vidros foi realizada pelos catadores, através do uso de esmaltes diluídos e em pó.

Os resultados obtidos após as queimas das peças das Figuras 17 podem ser verificados abaixo na Figura 18, onde pode ser observada a mudança de coloração das peças.

A Figura 19 apresenta outros resultados obtidos pelos catadores após o domínio das técnicas estudadas, onde pode-se vislumbrar a possibilidade de sustentabilidade do grupo.

FIGURA 17 – PIGMENTAÇÃO DAS PEÇAS EM VIDRO COM TÉCNICAS DIFERENCIADAS



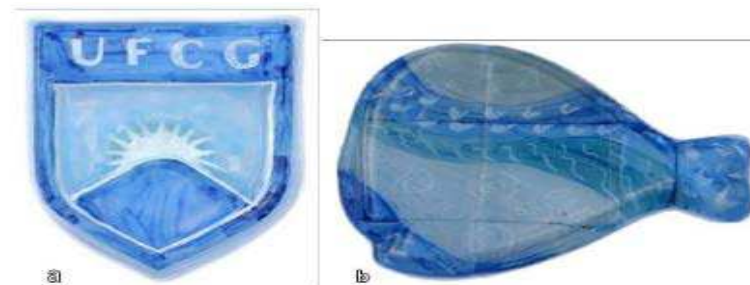
Fonte: Pesquisa Direta, 2007

FIGURA 18 – ALGUNS DOS RESULTADOS OBTIDOS PELA QUEIMA DAS PEÇAS DESENVOLVIDAS PELO GRUPO



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

FIGURA 19 – RESULTADOS DAS PEÇAS GERADAS PELO GRUPO



Fonte: Pesquisa Direta, 2007

CONCLUSÕES

Tendo em vista que este projeto teve como objetivo a caracterização de resíduos vítreos visando o desenvolvimento de produtos reciclados e a sustentabilidade de um grupo de catadores do município de Campina Grande – PB, pode-se concluir que:

Comportamento vítreo em função das temperaturas de queima: Dentre as diferentes temperaturas de queima estudadas, foi possível concluir que a temperatura de 800°C mostrou-se ideal para a maioria dos materiais e composições utilizados nesta pesquisa. O pigmento ideal para queimas com conformação é o esmalte porcelânico, ao invés do esmalte vítreo, pois este tende a desaparecer na temperatura de 800°C.

As diferentes composições utilizadas, entre vidro plano, oco e esmaltes apresentaram resultados satisfatórios do ponto de vista artístico, possibilitando suas aplicações em diversas áreas, como pastilhas para revestimento, peças ornamentais, louças, dentre outros.

Capacitação dos catadores: Os catadores envolvidos nas oficinas adquiriram conhecimentos teóricos e práticos a cerca do processo de reciclagem de materiais vítreos, além de desenvolverem suas habilidades artísticas, até então desconhecidas por eles, resultando no aumento da autoestima e sustentabilidade do grupo.

REFERÊNCIAS

GOMEZ, L. S. R; BRAUN, J. R. R. Ecodesign como estratégia de valorização e divulgação de entidades ambientais: a atuação do setor gráfico. Disponível em: <<http://www.ensus.com.br/tematica3/Ecodesign%20como%20Estrat%20E9gia%20de%20Valoriza%20e%20Divulga%20de%20Enti.pdf>>. Acesso em: 25 jun 2008.

MEDEIROS JR, M. S. Caracterização Mecânica de Misturas Asfálticas por Meio de Módulo Dinâmico. Dissertação de Mestrado, PETRAN/UFC, Fortaleza, 2006.

NIEMEYER, L. Design no Brasil: origens e instalação. Rio de Janeiro, 2AB, 1998.

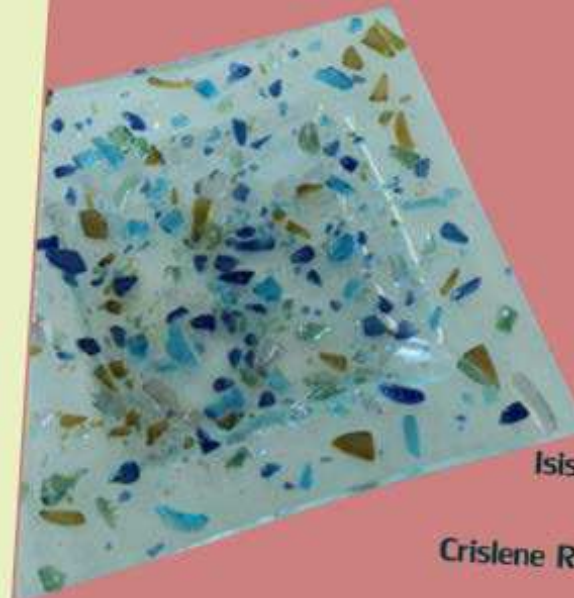
OLIVEIRA, N. M. S. Diagnóstico e classificação dos resíduos vítreos gerados no município de Campina Grande – PB. Dissertação de Mestrado. UFCG - Campina Grande, 2007.

ROCHA, S. P. B.; ESTIVAL, K.; SILVA, G. G. A. Aspectos logísticos ambientais na aquisição de insumo reciclável de uma indústria de reciclagem de vidro. Universidade Federal de Pernambuco/UFPE. 2002.

SANTOS, J. E. L. Educação ambiental: avaliação dos resíduos do lixão do município de Cuité/PB. Disponível em: <http://www.annq.org/congresso2007/trabalhos_apresentados/T85.pdf>. Acesso em: set 2007.

CAPÍTULO 12

**DESENVOLVIMENTO DE ARTEFATOS VÍTREOS
ATRAVÉS DA RECICLAGEM DE LIXO ELETRÔNICO:
DESIGN E INCLUSÃO SOCIAL**



Norma Maria de Oliveira
Isis Tatiane de B. M. Veloso
Joseanne de Lima Sales
Crislene Rodrigues da Silva Moraes

12

DESENVOLVIMENTO DE ARTEFATOS VÍTREOS ATRAVÉS DA RECICLAGEM DE LIXO ELETRÔNICO: DESIGN E INCLUSÃO SOCIAL

Norma Maria de Oliveira

Isis Tatiane de B. M. Veloso

Joseanne de Lima Sales

Crislene Rodrigues da Silva Morais

RESUMO

O presente artigo objetiva apresentar parte dos resultados de uma pesquisa de doutorado no tocante ao desenvolvimento de artefatos vítreos a partir do reaproveitamento de tubos de raios catódicos (CRT) de monitores de computadores. Além do desafio de destinar corretamente os resíduos sólidos, busca-se promover a geração de renda e qualidade de vida aos catadores de resíduos vítreos da Unidade de Beneficiamento e Reciclagem de Vidros, em Campina Grande-PB, visando o desenvolvimento de atividades que gerem trabalho e renda, inclusão social e a sustentabilidade do grupo, a partir do envolvimento do design na confecção de produtos artesanais de vidro.

Palavras Chave: Resíduos vítreos; Reciclagem; Design social.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a preocupação com as questões sociais vem sendo cada vez mais discutidas e aplicadas no campo do Design. O desenvolvimento de produtos passa a ser difundido não só no âmbito comercial, numa relação entre empresários e consumidores, mas perpassa a uma dimensão mais humanizada, onde o Design pode se tornar uma poderosa ferramenta para promover a inclusão social de pessoas carentes.

Dentre os vários grupos que lutam pela inclusão social, encontram-se os catadores de resíduos sólidos nos lixões de todo país, geralmente com baixo índice de escolaridade, pouca ou nenhuma perspectiva de vida devido ao baixo poder aquisitivo, fator agravado pela falta de qualificação para ingressarem no mercado de trabalho.

Em Campina Grande-PB, a atividade de segregação dos materiais ainda é feita de forma desordenada. A catação é realizada pelas ruas da cidade – onde os catadores são expostos a condições precárias de trabalho – e outra parte do lixo é recolhida pelo serviço municipal, destinado ao aterro sanitário recentemente implantando no município de Puxinanã-PB, desde janeiro do presente ano, quando o Lixão da Alça Sudoeste no bairro do Serrotão, em Campina Grande, foi desativado.

De acordo com informações da Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA), são coletados mensalmente em Campina Grande, 16 mil toneladas de resíduos sólidos, incluindo os entulhos. Estes resíduos que antes eram despejados no Lixão e coletados de maneira rudimentar pe-

los catadores, seguem agora integralmente para o aterro, onde o acesso aos catadores é proibido.

Com base no exposto e visando atender a demanda de reaproveitar os resíduos vítreos no município de Campina Grande, com base nos princípios da Economia Solidária, a Incubadora de Empreendimentos Econômicos Solidários da Universidade Federal de Campina Grande (IUEES/UFCG), vem desenvolvendo desde o ano de 2007, ações dirigidas à capacitação e ao fortalecimento dos catadores de resíduos sólidos da Unidade de Beneficiamento e Reciclagem de vidros em Campina Grande-PB, tendo em vista o desenvolvimento de atividades que gerem trabalho e renda, inclusão social e a sustentabilidade do grupo, a partir do envolvimento do design na confecção de produtos artesanais feitos em vidro. Como parte resultante destas ações, foram desenvolvidas pesquisas junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da UFCG, a exemplo do trabalho de mestrado desenvolvido por Quirino (2007), referente à caracterização e processamento de resíduos vítreos com vistas ao processo de reciclagem, o qual resultou na confecção de produtos artesanais em vidro; e por Oliveira (2007), com foco no diagnóstico e classificação destes resíduos, igualmente gerados no município de Campina Grande.

Além de estarmos diante de um grande desafio no Século XXI, de destinar corretamente os resíduos sólidos em detrimento à exploração exacerbada dos recursos naturais do planeta, lidamos diariamente com o aumento do lixo eletrônico como consequência da crescente inovação tecnológica, fazendo parte deste lixo milhares de monitores de computador onde a reciclagem deve ser estudada e reali-

zada, uma vez que a maior parte dos materiais existentes neste periférico é vidro, um material 100% reciclável. Surge, então, a necessidade de se desenvolver uma tecnologia apropriada para a reciclagem destes vidros na produção de artefatos com características adequadas ao uso, diminuindo assim a quantidade de resíduos depositados nos lixões.

Desde modo, o presente artigo objetiva apresentar parte dos resultados de uma pesquisa de doutorado realizada por Oliveira (2012), no tocante ao desenvolvimento de artefatos vítreos a partir do reaproveitamento de tubos de raios catódicos (CRT) de monitores de computadores, visto que estes vêm sendo questionados pelo seu custo/benefício, por suas dimensões e peso, sendo cada vez mais substituídos por monitores mais leves, com baixíssimo custo de energia. A reciclagem desses tubos objetivou a proposição de alternativas tecnológicas e ambientais de acordo com os princípios da sustentabilidade.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

DESIGN SOB A ÓTICA SOCIOCULTURAL

Nos últimos anos vem crescendo a preocupação e o interesse de designers pelas questões ambientais, sociais e culturais que permeiam o desenvolvimento de produtos e estão relacionadas ao atual processo de globalização, conforme preconiza o Conselho Internacional de Sociedades de Desenho Industrial (ICSID), ao formular uma nova definição em 2003, a respeito das atividades desta profissão. Trata-se de levar em conta as responsabilidades relativas ao meio

ambiente, à diversidade cultural e aos problemas sociais em geral, ou seja, uma proposta de humanização do design.

Frascara *Apud* Martins e Matias (2004) propõe que o designer amplie seu conhecimento na área de ciências sociais, não só um diálogo, mas uma considerável formação nesta área, compartilhando, inclusive, suas metodologias (principalmente as qualitativas) para a execução de projetos de design, na tentativa de contribuir com soluções de relevância social.

Segundo Fiell *et al* (2000), designs culturalmente apropriados podem não só melhorar espetacularmente a vida das pessoas carenciadas, como vitalmente, a longo prazo, fornecer algumas das bases fundamentais sobre as quais as economias regionais podem ser construídas. Para Baxter (1998), o contexto cultural de uma sociedade pode ter influência sobre os valores e crenças individuais, fazendo com que certos aspectos do produto sejam valorizados e outros desprezados.

Nesse contexto, para Martins e Matias (2004), o designer participa como “agente modernizante” na medida em que se apresenta como um produtor de “cultura material” que vem trabalhando como aliado do desenvolvimento industrial.

RECICLAGEM DE RESÍDUOS VÍTREOS

Segundo Cândido (2008), para atingir o objetivo de proteção ao meio ambiente, é preciso por em prática a desejável política dos 3R's, que significa **Reduzir**, **Reutilizar** e **Reciclar**, e não continuar produzindo e gerando mais resíduos, deixando sem solução adequada seu tratamento e disposição.

Reduzir significa consumir menos produtos, preferir aqueles que ofereçam menor percentual de geração de resíduos e que tenha maior durabilidade.

Reutilizar é usar novamente as embalagens. Exemplo: os potes plásticos de sorvetes servem para guardar alimentos ou outros materiais.

Reciclar envolve a transformação dos materiais, por exemplo, fabricar um produto novo a partir de um material já usado.

De acordo com Mano *et al* (2009), a última opção para diminuir a grande quantidade de material refugado é **Reciclar**. Na reciclagem, o que se aproveita é o material para ser transformado em uma nova peça ou para recuperar energia, fazendo retornar ao ciclo produtivo parte das matérias-primas ou desta energia.

O mesmo autor conceitua reciclagem como sendo todas as ações que tenham como objetivo permitir a reutilização de materiais e/ou produtos, de modo a prolongar seu ciclo de vida e diminuir os problemas com a forma de disposição dos resíduos ou de emissão de poluentes. A reciclagem, na opinião de Marques (2008), possui todas as características de um negócio lucrativo, com reflexos na realização de um bem comum, utilização de mão-de-obra amplamente abrangente, ou seja, desde aquela sem qualificação até a de formação acadêmica mais graduada, além de incentivar a cooperação da comunidade. Estes procedimentos são formas de praticar a cidadania, pois de um lado incentivam uma cooperação associativa das comunidades de maneira harmoniosa e, de outro, conscientiza o cidadão de que é de sua inteira responsabilidade preservar o meio ambiente em que vive de forma sustentável.

Segundo Lima (2005), o Brasil produz, em média, 800 mil toneladas de embalagens de vidro por ano. Dessas, cerca de 30% são produzidas a partir de sucata de vidro (cacos). A estimativa do nível de reciclagem do vidro no Brasil é de 47%. Sabe-se hoje que um quilo de vidro usado pode produzir um quilo de vidro novo, tantas vezes quantas forem necessárias. No processo de reciclagem do vidro há economia de matérias-primas naturais, de energia, sendo a temperatura necessária para fusão do vidro reciclado mais baixa, e menor geração de poluentes. Atualmente, a maior parte da reciclagem do vidro para produção de novos produtos se dá de forma industrial.

Conforme Armelline (2004), embora os resíduos de vidro não sejam o lixo mais incômodo, sob o ponto de vista da toxicidade, ele assusta pelo seu volume crescente e requer soluções. Estes são lançados de maneira aleatória e irregular na beira de estradas, em terrenos ou nos lixões da cidade podendo provocar ferimentos e doenças nas pessoas que os manipulam. Essa disposição inadequada acarreta uma série de problemas para a população que retira dos lixões e aterros o seu sustento. Os “cacos de vidro” apresentam um perigo à saúde das pessoas uma vez que podem provocar cortes profundos, ou seja, uma porta de entrada de microrganismos patogênicos presentes no local.

A reciclagem do vidro ocorre sem perda de volume ou das propriedades. O emprego de um terço de cacos de vidro na mistura resulta em 20% de economia de energia, pois esse material recuperado necessita de menos calor para fundir que os minerais *in natura*. Assim, a fabricação de novos vidros a partir dos cacos economiza a energia gasta na extração, no beneficiamento, no transporte dos minérios não utilizados e

na própria transformação. A economia de energia é a principal vantagem do processo de reciclagem do vidro (MANO *et al*, 2009). Segundo Fernandes (2004), o processo de reciclagem de vidro mais comum e mais conhecido consiste no aquecimento constante do vidro até que o mesmo se torne viscoso, possibilitando a produção de novos produtos.

Conforme dados da ABIVIDRO (2008), o ciclo de vida dos vidros de embalagens consiste primeiramente na fabricação destas por meio das indústrias vidreiras que utilizam as matérias-primas necessárias. Em seguida, elas passam pelo processo de envasamento, onde o conteúdo das embalagens é introduzido. Após esta etapa, os produtos são embalados e distribuídos para os consumidores. Posteriormente, há o descarte das embalagens, que são coletadas, limpas e selecionadas para poderem ser trituradas. Depois de trituradas, as embalagens de vidro entram no processo de fabricação pelas indústrias e todo o ciclo é repetido.

LIXO ELETRÔNICO

O problema do descarte do lixo está diretamente relacionado ao aumento crescente de industrialização do mundo moderno e as incorporações de novos hábitos de consumo da sociedade fizeram surgir os produtos eletro-eletrônicos. Cada vez mais estes resíduos são gerados, principalmente o chamado lixo eletrônico, constituído pelos televisores, computadores, celulares, máquinas de lavar, fotocopiadoras, entre outros em desuso (CARVALHO, 2010).

Diante da crescente inovação tecnológica, os equipamentos eletrônicos se transformam em lixo eletrônico em

pouco tempo e fazem parte desse lixo milhares de monitores de computador onde a reciclagem deve ser estudada e realizada, uma vez que a maior parte dos materiais existentes neste periférico é vidro, um material 100% reciclável (CEMPRE, 2011). Surge, então, a necessidade de se desenvolver uma tecnologia apropriada para a reciclagem destes vidros na produção de artefatos com características adequadas ao uso, diminuindo assim a quantidade de resíduos depositados nos lixões.

METODOLOGIA

Foi adotada inicialmente uma metodologia participativa, onde todos os membros da equipe e do empreendimento possuíam atividades semanais distintas e essenciais para o desenvolvimento sócio-econômico do grupo. As atividades foram realizadas junto às catadoras de resíduos sólidos do CAVI, no bairro do Serrotão em Campina Grande – PB e na Incubadora IUEES/UFCG.

Foram realizadas pesquisas de campo e oficinas de reciclagem de vidros para capacitação das catadoras utilizando as técnicas de vidro vertido, *fusing* e termoformado, cada oficina com duração de 24 horas, sendo estas ministradas na Unidade de Beneficiamento e Reciclagem de Vidros, pela equipe técnica da Incubadora.

Nos resíduos de vidro obtidos dos monitores de computador, as análises desenvolvidas foram realizadas a diversas temperaturas para identificar a adequada às técnicas Termoformado (*slumping*) e Vidro Vertido (*casting*), determinando-se 760°C e 800°C, respectivamente. Para as técnicas de

reciclagem utilizadas, pode-se concluir que os CRT dos monitores do computador têm potencial para serem reciclados na produção de artefatos de decoração, contribuindo com a preservação do meio ambiente de acordo com os princípios da sustentabilidade.

RESULTADOS

Os monitores foram desmontados adequadamente com uso de equipamentos de proteção individual – EPI, sob orientação de um técnico em eletrônica, de acordo com a Figura 1, para a retirada do tubo de raios catódicos e, posteriormente, separação do vidro da tela e funil, pois os mesmos apresentam coloração, composição e espessuras diferentes. O vidro do funil tem espessura de 4 mm e o da tela apresenta espessura de 10mm, cujo peso varia de acordo com o tamanho dos CRT. O tubo de 14” tem um peso total de 10 Kg, sendo o peso da tela de 4,4 kg (44%) e o peso do funil de 5,6 kg (56%), já o tubo de 20” tem um peso total de 14 kg, com peso da tela de 6,3 kg (45%) e o peso do funil de 7,7 kg (55%).

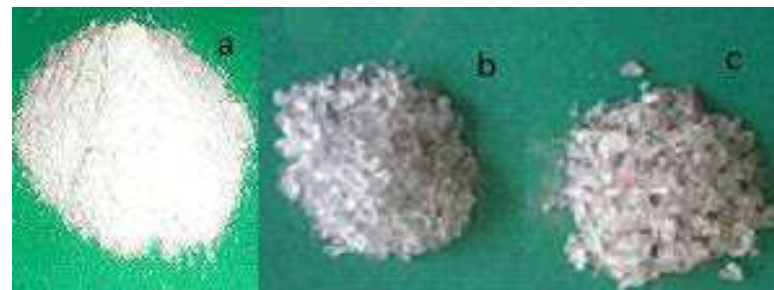
FIGURA 1 – VIDRO DA TELA E DO FUNIL DO MONITOR



Fonte: Pesquisa Direta, 2010

Os resíduos foram lavados e triturados manualmente e passados em peneiras ABNT N° 200, para posterior caracterização (Figura 2). O material triturado foi passado em peneiras ABNT de N° 40 e 10, para ser utilizado no processo técnico Vidro Vertido.

FIGURA 2 – AMOSTRAS PASSADAS EM PENEIRAS ABNT: (A) N° 200, (B) N° 40 E (C) N° 10.



Fonte: Pesquisa Direta, 2011

Para a preparação dos moldes em concreto celular, foram esculpidos no modelo e dimensões pretendidos conforme a Figura 3.

FIGURA 3 - MOLDES EM CONCRETO CELULAR PARA ACOMODAÇÃO DAS AMOSTRAS



Fonte: Pesquisa Direta, 2011

Para reciclagem do vidro foi utilizado um forno da marca Linn, modelo Electro-Term, do Centro de Artes em Vidros – CAVI, Habilidades Manuais. Foram realizados diversos estudos para determinação da temperatura de fusão adequada aos resíduos vítreos do CRT, analisando-se aspectos como:

- Comportamento do vidro quando submetido às temperaturas de 700°C, 750°C, 800°C, 850°C e 900°C.
- Interação entre os materiais dos moldes e o resíduo vítreo (conjunto) quanto à desmoldabilidade.
- Características visuais dos vidros após fusão e vitrificação.

Os estudos foram realizados à velocidade de aquecimento de 5°C.min-1 e resfriamento de 1°C.min-1, com tempo de permanência de 120 minutos e abertura parcial do forno por cerca de 30 minutos (choque térmico) para evitar a desvitrificação.

Nas técnicas de trabalho em forno elétrico, os objetos só são retirados do forno depois de resfriados para não trincarem com o choque térmico. Não ocorreu nenhum problema com relação ao desmolde dos objetos. No entanto, apresentaram um pouco de caulim, que pode ser removido durante o processo de acabamento. As técnicas de fusão utilizadas na reciclagem de vidros desta pesquisa foram termoformado (Slumping) e vidro vertido (Vidro Vertido).

Na técnica Termoformado não há necessidade de triturar o resíduo, ou seja, são utilizados pedaços inteiros (vidro plano) diretamente sobre o molde (Figura 4). O conjunto (vidro mais molde) é levado ao forno à temperatura de 760°C e mantida nesta por duas horas, tempo suficiente para que o vidro adquira a forma do molde.

FIGURAS 4(A) - PEDAÇO DE VIDRO EM MOLDE E ARTEFATO OBTIDO E (B) - ARTEFATO OBTIDO



Fonte: Pesquisa Direta, 2011

Na técnica de Vidro Vertido, o resíduo vítreo é triturado e colocado sobre o molde (Figura 5). O conjunto (vidro mais molde) é levado ao forno até a temperatura de 800°C, durante duas horas. Este é o tempo suficiente para que a fusão do vidro ocorra e ele adquira a forma do molde.

FIGURAS 5 (A) - VIDRO TRITURADO NO MOLDE E (B) - ARTEFATO OBTIDO



Fonte: Pesquisa Direta, 2012

A Figura 6 mostra algumas pastilhas confeccionadas pelo método Vidro Vertido, com diversas granulometrias, em uma mesma temperatura.

FIGURAS 6 - PASTILHAS CONFECCIONADAS PELO MÉTODO VIDRO VERTIDO



Fonte: Pesquisa Direta, 2012

Durante a confecção das pastilhas vítreas, foi observado a possibilidade destas serem usadas em revestimento de paredes, pois as mesmas atendem aos objetivos funcionais e estéticos para tal decoração. Podendo ser fabricadas em nível de escala industrial, tendo como vantagem no processo a grande variedade de formas que podem ser obtidas e com diversidade de cores, o que possibilita uma constante inovação dos artefatos.

CONCLUSÕES

Através da pesquisa realizada, foi possível constatar a potencialidade da utilização de material reciclável do tipo resíduo vítreo na produção de artefatos, gerando novas tecnologias “limpas”, com grande valor ao meio ambiente e à sociedade. Embora tenhamos apresentado resultados da utilização de tubos de raios catódicos (CRT) de monitores de computador, ressaltamos que as técnicas de trabalho com vi-

dro em fornos oferecem inúmeras possibilidades de experimentação criativa para o desenvolvimento de produtos. Deste modo, novas pesquisas continuam sendo realizadas através da Incubadora Universitária de Empreendimentos Econômicos Solidários da UFCG em nível de doutorado, tendo também como foco o CAVI – Centro de Artes em Vidro, com vistas à comercialização de produtos vítreos e a geração de emprego e renda às catadoras que fazem parte deste grupo.

REFERÊNCIAS

ABIVIDROS – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automotivas de Vidro. Boletim Informativo, São Paulo, 2008.

ARMELLINE, C.; FERNANDES, D. Utilização da sucata de vidro Para Preparação de Novos Produtos. In: 48º congresso brasileiro de materiais. Anais. Curitiba-PR, 2004.

BAXTER, M.. Projeto de Produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

CÂNDIDO, L. H. A. Contribuição ao estudo da reutilização, redução e da reciclagem dos materiais com aplicação do eco-design. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

CARVALHO, V. Do lixo eletrônico para a sala de aula. 13 jan. 2010. Disponível em: <<http://www.rts.org.br/noticias/desetaque-1/do-lixo-eletronico-para-a-sala-de-aula>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

FERNANDES, D. Desenvolvimento de novas técnicas para utilização de sucata de vidro visando a produção de novos produtos. Curitiba, UFPR, 2004.

FIELL, *et al.* Design Industrial A-Z. Ed. Taschen, 2000.

ICSID – International Council of Societies of Industrial Design. *Definition Of Design*. Disponível em: <http://www.icsid.org/about/about/articles31.htm> 2001.

LIMA, J. D. Sistema Integrados de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos. Editado por: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Seção – Paraíba. 1ª edição 2005.

MANO, E. B.; PACHECO, E. B A. V.; BONELLI, C. M. C. Meio ambiente, poluição e reciclagem, 1 ed. Rio de Janeiro: ED-GARD BLÜCHER, 2009.

MARQUES, A. C, Análise de similares: contribuição ao desenvolvimento de uma metodologia de seleção de materiais e ecodesign. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

MARTINS, Pedro; MATIAS, I. A. A.. Design e tecnologias apropriadas no universo caboclo em movimento. Artigo publicado em periódico “DAPesquisa”, v. N 1V2, p. 01-10, 2004. http://www.ceart.udesc.br/revista_dapesquisa/sumario_humanas.htm Acessado em 17/10/08.

OLIVEIRA, N. M. S. Diagnóstico e classificação dos resíduos vítreos gerados no município de Campina Grande – PB. Dissertação de Mestrado. UFCG - Campina Grande, 2007.

OLIVEIRA, N. M. L. Desenvolvimento de artefatos vítreos obtidos pela reciclagem de lixo eletrônico – caracterização e processamento. Tese de Doutorado. UFCG – Campina Grande, 2012.

QUIRINO, L. B. Caracterização e Processamento de Resíduos Vítreos Visando a Reciclagem no Município de Campina Grande – PB. Dissertação de Mestrado. Unidade Acadêmica

de Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

SESUMA – Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente. In: Prefeitura Municipal de Campina Grande, 2012. (www.campinagrande.pb.gov.br).

SOBRE A ORGANIZADORA



Bolsista de Produtividade Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPq desde 2006. Graduada em Química Industrial, pela Universidade Federal da Paraíba (1989), com mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba (1992) e doutorado em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (2002).

Atualmente é professor Titular da Universidade Federal de Campina Grande. Com experiência na área de Química, com ênfase em Instrumentação Analítica (Análise Térmica). Desenvolve pesquisas sobre as seguintes temáticas: Materiais Fotônicos, Complexos Lantanídicos, Técnicas termoanalíticas, Cinética Química, Reciclagem e Reaproveitamento de Vidros, Gestão e Educação ambiental, Reciclagem e Reaproveitamento de Resíduos Sólidos, Materiais de Construção. Criou e coordena a Incubadora Universitária de Empreendimentos Econômicos Solidários da UFCG, desde 2007.

FORMATO *15x21 cm*

TIPOLOGIA *Calibri*

Nº DE PÁG. *246*

EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE- EDUFCG

