

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

**TIJOLO SOLO-CIMENTO COMO ALTERNATIVA PARA A
DESTINAÇÃO DE RESÍDUO DE VIDRO**

ANDRÉ LUIZ MACHADO

Sinop, Mato Grosso
Fevereiro, 2018

ANDRÉ LUIZ MACHADO

**TIJOLO SOLO-CIMENTO COMO ALTERNATIVA PARA A
DESTINAÇÃO DE RESÍDUO DE VIDRO**

Orientador: Prof. Dr. Rafael Soares de Arruda
Coorientadora: Profa. Dra. Roselene Maria Schneider

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. Área de Concentração: Biodiversidade.

Sinop, Mato Grosso
Fevereiro, 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M149t MACHADO, ANDRE luiz.
tijolo solo-cimento, como uma alternativa para destinação adequada de
resíduos de vidro / ANDRE luiz MACHADO. -- 2018
ix, 38 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Rafael Soares de Arruda.
Co-orientador: Roselene Maria Schneider.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso,
Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Programa de Pós-
Graduação em Ciências Ambientais, Sinop, 2018.
Inclui bibliografia.

1. corpo de prova. 2. incorporação. 3. reutilização. 4. tijolo ecológico.
I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

Sinopse:

Avaliou-se a incorporação do resíduo vidro na fabricação de tijolos solo-cimento, utilizando dois tipos de solo (Latosolo Vermelho e Latosolo Amarelo).

Palavras-chave: Corpo de Prova, Incorporação, Reutilização, Tijolo Ecológico



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
 PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
 Avenida Alexandre Ferronato, nº 1.200 - Setor Industrial - Cep: 78557267 - Sinop/MT
 Tel : 66 3531-1663/r. 206 - Email : ppgcam@ufmt.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "Tijolo solo-cimento como alternativa para destinação adequada de resíduo de vidro"

AUTOR : Mestrando ANDRÉ LUIZ MACHADO

Dissertação defendida e aprovada em 26/02/2018.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / coorientador	Doutor(a)	Roselene Maria Schneider	<i>Roselene Schneider</i>
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO			
Examinador Interno	Doutor(a)	Milene Carvalho Bongiovani	<i>Milene Carvalho Bongiovani</i>
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO			
Examinador Externo	Doutor(a)	André Luiz Nonato Ferraz	<i>ANDRÉ LUIZ N. FERRAZ</i>
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO			

SINOP,26/02/2018.

*À minha esposa por entender a minha
ausência e me apoiar nas horas difíceis;*

*Aos Meus filhos pela falta que fiz durante
esta jornada;*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Rafael Soares de Arruda, por ter me acolhido no programa de mestrado, e pelo esforço em buscar conhecimento de diversas áreas para auxiliar minha pesquisa de forma tão gentil.

A Profa Dra. Roselene Schneider, pela qual tenho enorme respeito e admiração, por ter aceitado ser minha Coorientadora e exigir sempre mais de mim, em busca de meu crescimento acadêmico.

Ao Prof Dr. Flávio Alessandro Crispim, pelo qual tenho um enorme respeito e admiração, embora não sendo meu coorientador de forma direta ajudou a enriquecer e complementar meu trabalho de maneira técnica.

A Profa Dra Adriana Garcia do Amaral, pela ajuda no projeto e análise estatística.

Aos Professores Drs André Luiz Nonato Ferraz e Milene Carvalho Bongiovani, pelas sugestões realizadas no exame de qualificação.

Ao proprietário da empresa Construtora Câmera, Sr. Itamar que disponibilizou o rolo compressor para auxiliar na quebra dos vidros.

As empresas Vidroligth e Guaporé vidros por fornecerem a matéria prima base do estudo.

Aos colegas integrantes do Mestrando PPGCAM, os quais sempre estiveram ao lado durante esta caminhada.

Aos professores doutores do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da UFMT/Sinop, que contribuíram com seus conhecimentos e sempre estavam de portas abertas para nos atenderem.

Àqueles que contribuíram direta ou indiretamente para que eu conseguisse realizar essa conquista, fica o sentimento de gratidão.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1.

Tabela 1. Classificação AASTHO-TRB dos materiais de subleito de rodovias.....	6
Tabela 2. Faixas granulométricas ideais para solo-cimento.....	10
Tabela 3. Quantidade de cimento para o ensaio de compactação, conforme recomendação da ABPC (2004.....	11
Tabela 4. Normas aplicáveis ao solo-cimento.....	11
Tabela 5. Normas aplicáveis a fabricação de tijolos solo-cimento.....	12
Tabela 6. Relação solo e cimento para as misturas de solo-cimento (em volume).....	12
Tabela 7. Matérias primas adicionadas na composição do vidro.....	13

CAPÍTULO 2.

Tabela 1. Percentual de cimento recomendado a ser acrescido ao solo de acordo com a classificação do solo.....	22
Tabela 2. Resistência a compressão dos tijolos de solo-cimento.....	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resistência à compressão simples média dos corpos de provas cilíndricos.....	24
Figura 2 - Resistência a compressão dos CP cilíndricos em relação ao teor de cimento adicionados de resíduos de vidro.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS

AASHTO - *Association of State Highway and Transportation*

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABIVIDRO - Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAVIDRO - Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ANITECO - Associação Nacional da Indústria do Tijolo Ecológico

BNH - Banco Nacional da Habitação

CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento

CRQ – IV - Conselho Regional de Química da 4ª Região

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT-VD Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

PCA - *Portland Cement Association*

TRB - *Transportation Research Board*

UCS - *Unified Classification System*

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	V
LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	VIII
SUMÁRIO	IX
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS	3
1.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	3
1.2. SOLO	4
1.2.1. <i>Sistemas Tradicionais de Classificação de Solos</i>	5
1.2.2 <i>Classificação AASTHO-TRB (DNIT, 2006)</i>	6
1.3. OBRAS DE ENGENHARIA	7
1.3.1. <i>Desenvolvimento de obras com solo</i>	7
1.3.2. <i>Alvenaria</i>	8
1.4. TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO OU ECOLÓGICOS	9
1.5. VIDRO	12
REFERÊNCIAS	15
ARTIGO:- TIJOLO SOLO-CIMENTO COMO ALTERNATIVA PARA DESTINAÇÃO DE RESÍDUO VIDRO	19
TIJOLO SOLO-CIMENTO COMO ALTERNATIVA PARA DESTINAÇÃO DE RESÍDUO VIDRO	20
INTRODUÇÃO	20
MATERIAL E MÉTODOS	21
<i>RESÍDUO VIDRO</i>	21
<i>ENSAIOS DE CLASSIFICAÇÃO</i>	21
<i>ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO</i>	22
<i>FABRICAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA E TIJOLOS SOLO-CIMENTO</i>	22
<i>ENSAIO DE COMPRESSÃO SIMPLES</i>	22
<i>ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA</i>	22
<i>ENSAIO DE RETRAÇÃO</i>	23
<i>DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA</i>	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
<i>CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS</i>	23
<i>ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO</i>	23
<i>ENSAIOS DE COMPRESSÃO SIMPLES NOS CORPOS DE PROVA</i>	24
<i>SUBSTITUIÇÃO DE SOLO POR RESÍDUO VIDRO</i>	24
<i>SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO POR PÓ DE VIDRO</i>	25
<i>TIJOLO FURADO DE SOLO-CIMENTO</i>	26

<i>MOLDAGEM ALTERNATIVA</i>	26
<i>ENSAIO DE RETRAÇÃO</i>	26
CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27
NORMAS DA REVISTA	29
APENDICES: ENSAIOS	32

1. INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento das cidades e a escassez dos recursos naturais têm impulsionado pesquisas que visam desenvolver alternativas mais sustentáveis para o desenvolvimento urbano. A busca por alternativas que proporcionem a reciclagem ou a reutilização dos resíduos das atividades humanas é crescente (ULIANA *et al.*, 2015; LINTZ *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Os resíduos de vidro quando não absorvidos pela indústria de reciclagem são geralmente encaminhados para aterros sanitários onde permanecem por muitos anos, inutilizando o solo, deste modo, o reuso ou reciclagem desses materiais pode retardar seu descarte, promovendo maior conservação de recursos naturais, podendo diminuir a quantidade de resíduos aterrada, além de contribuir para o desenvolvimento de novos materiais com custo relativamente menor.

Para muitos materiais que poderiam ser reciclados, somente se encontram empresas qualificadas para isso em grandes centros urbanos, o que inviabiliza a logística do processo de reciclagem. Segundo dados da ABIVIDRO (2017), em 2007 apenas 49% do vidro produzido foi reciclado, ou seja, 3,62 milhões de toneladas de vidros passíveis de reciclagem foram simplesmente dispostos em aterros ou locais ignorados.

Considerando as dificuldades em realizar a reciclagem do vidro, uma possibilidade é a incorporação deste resíduo em produtos da construção civil (CASSAR e CAMILLERI, 2012). Dessa forma, estudos que visem reutilizar resíduos de vidro por meio da incorporação em materiais para construções urbanas ou rurais são importantes, para que haja a comprovação da viabilidade técnica, ambiental e econômica do material resultante.

Resíduos de vidro têm sido incorporados aos materiais de construção, entre eles o concreto, como agregados graúdos ou miúdos e como agente cimentante (RASHAD, 2014). Pesquisas de obtenção de concretos (LÓPEZ *et al.*, 2005), tijolos (GALVÃO *et al.*, 2013), corpos cerâmicos (GODINHO *et al.*, 2005) e tijolo solo-cimento (DALLACORT, 2002) vem sendo desenvolvidas com a incorporação de vidro.

Entre as aplicações supracitadas de reutilização do vidro na construção civil, destaca-se a fabricação de tijolos solo-cimento. De acordo com Mota *et al.* (2010), o tijolo de solo-cimento possui solo, cimento e água em sua composição, e a sua resistência à compressão equipara-se à do tijolo convencional.

Além de outros benefícios, do vidro, é importante ressaltar que, de acordo com Pisani (2005) sua matéria prima, “é abundante em todo o planeta, não gasta energia para ser queimado e possui características isolantes”, sendo assim, pode-se economizar energia tanto na fabricação quanto no condicionamento térmico de ambientes.

Assim, dentre as diversas vantagens do tijolo de solo-cimento citam-se a possibilidade do emprego do solo do mesmo local da obra, a utilização de mão de obra menos qualificada e o

acabamento final com o mesmo material, não necessitando de reboco e tendo, portanto, características mais sustentáveis e ecológicas (ANITECO, 2017).

No mais, os tijolos ecológicos trazem para a obra de 20% até 40% de economia em relação à construção convencional. Ademais, há redução em 30% do tempo de construção; com relação à estrutura dos tijolos, os encaixes e colunas embutidas nos furos distribuem melhor a carga de peso sobre as paredes; além da economia em 70% de concreto e argamassa e 50% em ferro (FRAGA *et al.*, 2016).

Diante disso, pretendeu-se promover a reutilização do resíduo vidro por meio da incorporação deste na mistura solo-cimento com posterior fabricação de tijolos para execução de alvenaria como forma de reutilização. A escolha pela incorporação do resíduo na mistura solo-cimento se justifica por esta mistura tratar-se de uma alternativa economicamente atrativa e sustentável.

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 Resíduos Sólidos

A Norma Brasileira Regulamentadora NBR 10.004 – Classificação de Resíduos Sólidos (ABNT, 2004a) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei n. 12.305, de 2010 (BRASIL, 2010), definem resíduos sólidos como resíduos nos estados sólido e semissólido. Definem também que os resíduos são diferenciados por classes. Resíduos Classe I englobam os resíduos perigosos e os resíduos Classe II são os não perigosos, subdividindo-se em resíduos não inertes (Classe II-A) e resíduos inertes (Classe II-B).

Os resíduos perigosos são aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública por meio do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inapropriada.

Os resíduos Classe II-A, não perigosos e não inertes, são os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao ambiente, mas não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I ou Classe II-B. Os resíduos sólidos de Classe II-B, não perigosos e inertes, são aqueles que por suas características intrínsecas não oferecem riscos à saúde e ao ambiente.

Considerando a natureza ou origem dos resíduos sólidos, estes podem ser resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos industriais, de serviços de saúde etc. (BRASIL, 2010).

A classificação de resíduos é utilizada como forma de definir a forma adequada de manejo e destinação dos resíduos. De acordo com a periculosidade os resíduos podem ser tratados, incinerados, autoclavados, dispostos em aterros industriais ou sanitários, entre outros.

Além do tratamento ou destinação final, uma técnica que pode ser empregada aos resíduos é a reutilização. A reutilização é prática bastante empregada para alguns tipos de resíduos. Muitas indústrias ou atividades direcionam seus resíduos a novos processamentos ou utilizações, fazendo com que reduzam o volume de resíduos (rejeitos) para o tratamento ou destinação final.

Os curtumes processam couros e graxarias processam ossos, sangue e carcaças geradas nas agroindústrias que promovem o abate de bovinos (PACHECO, 2005). A borracha obtida de pneus inservíveis é utilizada na fabricação de asfalto e como combustível em indústrias cimenteiras (LAGARINHOS; TENÓRIO, 2013). Recicladoras de embalagens de agrotóxicos transformam estas embalagens em carriolas, tubos conduítes, bombonas etc. (INPEV, 2016).

Entre as áreas de importância em termos de reutilização cita-se a de construção civil. Muitos resíduos vem sendo empregados em alvenarias e na obtenção de blocos e tijolos. Dentre as várias possibilidades, a reciclagem de resíduos da construção e demolição pode ser aplicada para diversos fins, tais como: camadas de base e sub-base para pavimentação, coberturas primárias de vias, fabricação de argamassas de assentamento e revestimento, fabricação de concretos, fabricação de pré-moldados (BRASILEIRO e MATOS, 2015).

Oyelami e Van Rooy (2016) citam que a fim de preservar e sustentar o meio ambiente tem-se utilizado os tijolos de solo-cimento. Os tijolos solo-cimento são uma alternativa aos tijolos convencionais, pois possuem sintonia com as diretrizes do desenvolvimento sustentável, uma vez que precisarem de baixo consumo de energia na extração da principal matéria prima, o solo; não necessitam do processo de queima em sua confecção e diminuem a necessidade de transporte, pois podem ser produzidos com o solo do local da obra (GRANDE, 2003), além de poder ser incorporado em sua fabricação resíduos da construção e demolição (REIS *et al.*, 2016).

1.2. Solo

O solo pode ser definido geotecnicamente como todo material da crosta terrestre escavável por meio de pá, picareta, escavadeira e outros, sem o auxílio de explosivos (DNER, 1996). Segundo Vargas (1978), para a finalidade específica da engenharia civil, o termo solo poderia ser definido considerando-o como todo material da crosta terrestre que não oferecesse resistência intransponível à escavação mecânica, e que perdesse totalmente toda resistência quando em contato prolongado com a água.

O solo pode apresentar um ou mais horizontes distintos, diferentes espessuras, frações granulométricas singulares e que definem a nomenclatura que irão possuir. Por exemplo, uma amostra de um dado horizonte do solo com predominância da fração granulométrica areia e subsequente argila será definida como Areno-argilosa, e quando tiver elevada ou nenhuma plasticidade, também serão acrescidos da expressão plásticos ou não plásticos (PINTO, 2006).

Outra característica que diferencia os solos é o seu comportamento em campo, sendo, portanto, acrescidos da especificidade laterítico ou não laterítico (saprolítico) (VILLIBOR *et al.*, 2009).

Segundo Pena (2017), os solos lateríticos são aqueles que sofreram elevado processo de laterização, que é o enriquecimento da superfície por óxidos hidratados de ferro ou alumínio, ocorrendo aumento da concentração de caulinita, que é um tipo de argilomineral, portanto, um mineral composto em conjunto com os respectivos óxidos.

Frequentemente, os solos têm sido utilizados como material de construção de rodovias, além de constituírem aterros, barragens, estruturas de contenção, blocos, tijolos etc. (SANTOS, 2006).

A classificação dos solos, para a fabricação de tijolos, é necessária para que se determine a quantidade adequada de cimento que se deve adicionar ao solo utilizado.

No entanto, para que isto seja possível, é essencial que o engenheiro conheça as propriedades geotécnicas dos solos envolvidos (SANTOS, 2006). Assim, as propriedades permitirão indicar o tipo de solo que deverá ser utilizado para um determinado objetivo.

Acerca do assunto, Pinto (2000) acrescenta que a diversidade e a enorme diferença de comportamento apresentada pelos diversos solos perante as diferentes finalidades de interesse da engenharia levaram a um natural agrupamento deles em conjuntos distintos, aos quais podem ser atribuídas determinadas propriedades geotécnicas. É dessa tendência racional de organização da experiência acumulada que surgiram os sistemas de classificação dos solos.

Desse modo, busca-se uma base inicial da quantidade de cimento que o respectivo solo irá requisitar para seus estudos. Com essa base, testam-se quantidades maiores e menores de adição de cimento até determinar-se a porcentagem mais econômica e que garanta qualidade e segurança ao objetivo da utilização do solo.

Assim, os sistemas de classificação dos solos agrupam os solos em grupos distintos, unindo em cada grupo os solos de igual ou semelhante comportamento mecânico. Quando os sistemas de classificação dos solos são eficientes, os ensaios requeridos são de fácil execução, de boa reprodutibilidade e promovem resultados confiáveis (PINTO, 2000).

1.2.1. Sistemas Tradicionais de Classificação de Solos

De acordo com autores como Das (2007), Pinto (2006) e Caputo (1988), os sistemas de classificação de solos empregados comumente no âmbito da engenharia são os sistemas da *Association of State Highway and Transportation - Transportation Research Board - AASHTO-TRB* e o *Unified Classification System – UCS*. Ambos os sistemas baseiam-se na granulometria do solo e nas propriedades índices (Limites de Atterberg), que são o limite de plasticidade (LP) e limite de liquidez (LL).

Conforme recomendações da Associação Brasileira de Cimento Portland, ABCP (2004), nas estimativas iniciais da dosagem de misturas de solo-cimento deve-se empregar a classificação AASTHO-TRB (M145), e a identificação e classificação dos solos deve ser realizada por ensaios brasileiros, definidos pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas ou pelo Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT), sendo eles o limite de liquidez (ABNT, 2016a), limite de plasticidade (ABNT, 2016b) e análise granulométrica (ABNT, 2017).

Segundo Santos (2006), estes sistemas de classificações geotécnicas são muito importantes porque juntam em determinados grupos solos de comportamento semelhantes, e possibilitam prever ou estimar o seu comportamento ajudando a comunicação entre engenheiros e técnicos.

1.2.2 Classificação AASTHO-TRB (DNIT, 2006)

Os solos com menos de 35% de sua composição passante na peneira 0,075 mm (#200) é considerado como material granular e será classificado entre os grupos A-1, A-2 e A-3. O solo que possuir mais de 35% de material menor que 0,075 mm será considerado como material fino nesta classificação e ficará entre os grupos A-4, A-5, A-6 e A-7 (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação AASTHO-TRB dos materiais de subleito de rodovias, adaptado de DNIT (2006).

Classificação Geral	Materiais Granulares						
	(35% ou menos da amostra total passando na peneira n° 200)						
Classificação do Grupo	A - 1		A - 3	A - 2			
	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Granulometria: % que passa:							
N° 10	50 máx.						
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características da fração que passa n° 40							
Limite de Liquidez (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidade (%)	6 máx.		NP.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	41 mín.
Índice de Grupo	0		0	0		4 máx.	
	0						
Materiais que predominam	Fragmentos de pedra, pedregulho fino e areia			Pedregulho ou areias silosas ou argilosas			
Comportamento geral como subleito	Excelente a Bom						
Classificação Geral	Materiais Siltosos e Argilosos						
	(mais de 35% da amostra total passando na peneira n° 200)						
Classificação do Grupo	A - 4	A - 5	A - 6	A - 7			
				A - 7 - 5 ¹	A - 7 - 6 ²		
Granulometria: % que passa:							
N° 10							
N° 40							
N° 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.		36 mín.		
Características da fração que passa n° 40							
Limite de Liquidez (%)	40 máx.	41 mín.	40 máx.		41 mín.		
Índice de Plasticidade (%)	10 máx.	10 máx.	11 mín.		11 mín.		
Índice de Grupo	8 máx.	12 máx.	16 máx.		20 máx.		
Materiais que predominam	Solos siltosos			Solos argilosos			
Comportamento geral como subleito	Sofrível a mau						

¹ - Para A - 7 - 5, IP ≤ LL - 30.

² - Para A - 7 - 6, IP ≥ LL - 30.

Um parâmetro importante da classificação TRB é o índice de grupos (IG), que possui valor de 0 a 20 e que varia proporcionalmente à capacidade de suporte do material. O IG é calculado relacionando a porcentagem de material que passa na peneira de 0,075 mm (#200), o limite de liquidez (LL) e o índice de plasticidade (IP), como mostrado na Equação 1 (DNIT, 2006).

$$IG = 0,02a + 0,005ac + 0,001bc$$

Equação 1

Em que:

a é a porcentagem do material passante na peneira n° 200, menos 35; se esta porcentagem for maior que 75 adota-se $a = 40$ e caso ela seja menor que 35 adota-se $a = 0$;

b é a porcentagem do material passante na peneira n°200, menos 15; se esta porcentagem for maior que 55 adota-se $a = 40$ e caso ela seja menor que 15 adota-se $a = 0$;

c é o valor do limite de liquidez (LL) menos 40; se o valor do LL for maior que 60% adota-se $c = 20$ e caso ele seja menor que 40% adota-se $c = 0$.

d é o valor do índice de plasticidade (IP) menos 10; se o valor de IP for maior que 30% adota-se $d=20$, e caso ele seja menor que 10% adota-se $d = 0$.

O parâmetro IG auxilia no entendimento da variação da resistência esperada para cada tipo de grupo, sendo que para os solos com IG maiores esperam-se menores valores de resistência, e para os IG menores, o oposto.

Entendendo qual tipo de grupo as amostras solo se enquadram é possível então saber que tipo de comportamento há de se esperar quando estiverem em serviço, e também que medidas estabilizadoras podem ser empregadas para conseguir controlar o material e torna-lo apto às condições de trabalho na qual será exposto.

1.3. Obras de Engenharia

1.3.1. Desenvolvimento de obras com solo

Na história das primeiras civilizações da Mesopotâmia são encontrados relatos de obras hidráulicas civis destinadas a irrigação, sendo datadas de 6500 a.C. e evidenciando a longa relação da humanidade com obras de terra (Grande Muralha da China, Estradas do Império Romano, diversos canais de irrigação e outras mais) (TURCI, 2008).

Conforme Santiago (2001), o solo teve lugar consolidado no Brasil e emprego generalizado até o século XVIII, com predominância em localidades onde não se encontravam pedras em abundância. Como exemplos podem ser citadas as Muralhas de Salvador e a Casa Forte, ambas construídas em taipa por Caramuru em 1540.

Ainda de acordo com Santiago (2001), o solo individualmente ou com adições, possui diferentes modos de ser empregado conforme as necessidades existentes e características socioeconômicas e ambientais disponíveis, sendo estes modos:

- Terra escavada: empregada quando a necessidade é de se realizar túneis, piscinas ou edificações subterrâneas e outras obras semelhantes;
- Terra coberta: utilizada para cobrir a edificação, como por exemplo o telhado;
- Terra de enchimento: destinada a preencher elementos e garantir maior rigidez e estabilidade a eles como por exemplo sacos e pneus;
- Terra cortada: empregada cortando-se uma parte do solo, como exemplo em retaludamento e controle de encostas;
- Terra compactada ou comprimida: aplicada quando objetivava-se possuir um material com menor quantidade de vazios, maior resistência e menor deformabilidade como por exemplo blocos compactos, taipas de pilão, paredes inteiriças de solo-cimento e piso batido em solo;
- Terra modelada: executada com o solo no estado plástico o molda-se e após o mesmo secar consegue-se um produto com características cerâmicas;
- Terra empilhada: realizada colocando o solo em uma consistência plástica, amalgada e empilhada sobre outra camada do mesmo material, entretanto, estabilizada e inerte.
- Adobe: executada com o solo adequadamente umedecido, compactado e moldado em fôrmas, posteriormente é colocado a secar ao sol, sem a necessidade de queima, em seguida é empregado, por exemplo, em paredes ou murros.
- Terra derramada: produção muito semelhante ao do concreto, sendo o solo misturado com aglomerantes naturais ou não, posteriormente homogeneizada a mistura é posta em fôrmas de madeira.
- Terra-palha: realizada com o solo misturado à palha formando um produto com baixa taxa de retração e peso específico relativamente baixo, em seguida é posto em fôrmas, onde é compactado e moldado, formando por exemplo paredes.
- Terra sobre a estrutura: empregada com o solo com ou sem adições, estando em estado plástico é aplicado em estruturas confeccionadas, como malhas de bambu ou de madeira, formando por exemplo paredes ou pilares.
- Reboco ou argamassas: executado com solo também em estado plástico na parte externa de estruturas ou entre os tijolos ou blocos e forma-se por exemplo paredes de alvenaria.

1.3.2. Alvenaria

O termo alvenaria é empregado como sistema construtivo constituído de um grupo coeso e rígido de tijolos cerâmicos ou blocos (elementos de alvenaria), conectados entre si, com ou sem argamassa de ligação em suas camadas horizontais que sobrepõem uma sobre as outras (MARINOSQUI, 2011). Também a alvenaria se relaciona à produção de diversas partes de uma

construção como, por exemplo, em paredes externas e internas, escadas, pilares, vigas, muros, rampas e diversas outras possibilidades.

Em relação aos tijolos e blocos empregados na alvenaria entende-se que a diferença entre os termos tijolos e blocos é devido às características geométricas e ao tipo de material constituinte dos mesmos. As dimensões comuns de tijolos são de aproximadamente 26x19x9 cm e constituído basicamente de material cerâmico maciço ou com furos e cozido ou não. O bloco possui dimensões normais em torno de 39x19x9 cm e pode ser constituído de material cerâmico ou cimentício.

Tijolos e blocos utilizados em alvenarias, estruturais ou não estruturais, precisam apresentar características de desempenho mínimas definidas por órgão regulamentadores, como a ABNT no Brasil.

Uma característica da realização da alvenaria convencional e do emprego de tijolos é o grande desperdício de material que provém da baixa qualidade de algumas peças do lote de tijolos, do manuseio inadequado do trabalhador, e principalmente pela necessidade da quebra da alvenaria após a instalação dos componentes elétricos, hidráulicos, de saneamento e pluviais.

Pelo fato do tijolo cerâmico ter considerável desperdício durante o seu emprego e à extração de material de jazidas, transporte até a indústria, confecção, cozimento, estocagem e transporte até ao destino, identifica-se que o mesmo possui significativo papel na pressão ao meio ambiente.

Assim, a substituição do tijolo cerâmico por outro elemento, estrutural ou não, pode ser uma alternativa ao impacto ambiental causado. Como exemplo, cita-se o tijolo solo-cimento, tido como tijolo ecológico.

Esse tipo de tijolo possui diversas vantagens em relação ao cerâmico como, por exemplo, não necessitar de cozimento, pode possuir aberturas próprias para a passagem das diversas tubulações em seu interior, permite o emprego do solo na região da obra para a sua confecção e os seus executores não necessitarem de elevado nível de qualificação técnica para a sua confecção e utilização (ANITECO, 2017).

1.4. Tijolos de Solo-Cimento Ou Ecológicos

Conforme ANITECO (2017), o tijolo solo-cimento é gerado pela mistura de solo, cimento e água, que ao se reunirem e serem prensados transformam-se em blocos modulares ou compostos solo-cimento que, após o processo de cura, ganham resistência, durabilidade e qualidade para o emprego nas construções em alvenaria.

A técnica de solo-cimento foi implementada no Brasil pela Associação de Brasileira de Cimento Portland – ABCP em 1936 (SEGANTINI, 2000), entretanto, o emprego do solo-cimento em habitações iniciou-se em 1948, no estado do Rio de Janeiro, com a construção das casas do Vale Florida, nas dependências da Fazenda Inglesa na cidade de Petrópolis (ABCP, 1985).

Os solos destinados a misturas de solo-cimento devem ter características granulométricas específicas para que se tenham bons resultados, e tais características granulométricas variam conforme distintos autores, entretanto, servem de orientação para escolhas de material (Tabela 2).

Tabela 2. Faixas granulométricas ideais para solo-cimento

Autores	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Silte + argila (%)	LL (%)
CINVA (1963)	45-80	-	-	20-25	-
ICPA (1973)	60-80	10-20	5-10	-	-
Merril (1949)	>50	-	-	-	-
MAC (1975)	40-70	<30	20-30	-	-
CEPED (1984)	45-90	-	<20	10-55	45-50
PCA (1969)	65	-	-	10-35	-

Fonte: adaptado de Segantini (2000).

Visando disponibilizar os procedimentos e normas adotados pela *Portland Cement Association* (PCA), uma das pioneiras no estudo do emprego do solo-cimento na engenharia, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) elaborou estudo técnico intitulado “Dosagem das Misturas Solo-Cimento, Normas de Dosagem e Métodos de Ensaio”, que traz a completa descrição das normas de dosagem de solo-cimento.

A Associação Brasileira de Normas técnicas também disponibiliza, de modo semelhante, entretanto mais breve, um instrumento de orientação de misturas de solo-cimento para destinações rodoviárias, sendo a Norma Brasileira Regulamentadora n. 12253 - *Solo-cimento – Dosagem para emprego em pavimentos* (ABNT, 2012a)

Tanto a ABNT (2012a) quanto ABCP (2004) dão instruções sobre a maneira de como realizar as estimativas iniciais de adição de cimento para os referidos solos, e baseiam-se em estudos da PCA, como, por exemplo, a classificação do solo que apresenta a quantidade de cimento para ensaios de compactação (Tabela 3).

Tabela 3. Quantidade de cimento para o ensaio de compactação, conforme recomendação da ABPC (2004).

Classificação do solo segundo a AASHTO (M 145)	Teor de cimento em massa (%)
A-1-a	5
A-1-b	6
A-2	7
A-3	9
A-4 e A-5	10
A-6	12
A-7	13

Para avaliar o desempenho das misturas solo-cimento de acordo com as normas brasileiras moldam-se corpos de prova cilíndrico com diferentes relações da mistura na condição ótima de compactação e aferem-se as capacidades resistentes de cada mistura avaliada (Tabela 4)

Tabela 4. Normas aplicáveis ao solo-cimento.

Norma	Descrição
NBR 12253 - Solo-cimento - Dosagem para o emprego em camada de pavimento (ABNT, 2012a)	Estabelece os requisitos para a determinação da quantidade de cimento Portland capaz de estabilizar solos, para emprego como camada de pavimento de solo-cimento, pela medida da resistência à compressão simples de corpos de prova cilíndricos.
NBR 12023 - Solo-cimento - Ensaio de compactação (ABNT, 2012b)	Estabelece os métodos para determinação da relação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca de misturas de solo e cimento, quando compactadas na energia normal.
NBR 12024 - Solo-cimento - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos - Procedimento (ABNT, 2012c)	Estabelece os métodos para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos de solo-cimento.
NBR 12025 - Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos - Método de ensaio (ABNT, 2012d)	Estabelece o método de ensaio à compressão simples de corpos de prova cilíndricos de solo-cimento. Este método aplica-se tanto à determinação em laboratório do teor de cimento para a estabilização do solo quanto ao controle da qualidade do solo-cimento na obra.

Para a avaliação das diferentes proporções das misturas de solo-cimento destinadas a fabricação de tijolos ecológicos emprega-se as seguintes instruções normativas correspondentes a realização de tijolos solo-cimento, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5. Normas aplicáveis a fabricação de tijolos solo-cimento.

Norma	Descrição
NBR 8491 - Tijolo de solo-cimento - Requisitos. (ABNT, 2012e)	Estabelece os requisitos para o recebimento de tijolos solo-cimento.
NBR 8492 - Tijolo de solo-cimento - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de Ensaio (ABNT, 2012f)	Estabelece o método para análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água em tijolos solo-cimento para alvenaria sem função estrutural.
NBR 10833 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento (ABNT, 2012g)	Estabelece o método de ensaio à compressão simples de corpos de prova cilíndricos de solo-cimento. Este método aplica-se tanto à determinação em laboratório do teor de cimento para a estabilização do solo quanto ao controle da qualidade do solo-cimento na obra.

Uma característica que deve ser levada em consideração na obtenção de solo-cimento é o nível de retração que o solo empregado na mistura de solo-cimento possui, pois pode ocorrer neste solo a presença de algum argilo-mineral que, em quantidade suficiente, provoca grandes níveis de fissuração no elemento. Para a avaliação previa do solo quanto as suas características de retração, o

método do teste da caixa descrito por diversos autores como CEPED (1984), BNH (1985) e Neves *et al.* (2011) pode ser empregado.

De acordo com o Banco Nacional da Habitação - BNH (1985), para a fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento, a retração total não deve ultrapassar 20 mm. O Centro de Pesquisas e Desenvolvimento - CEPED (1984) também recomenda a utilização da terra com retração total de até 20 mm no ensaio da caixa, e acrescenta que para a fabricação de paredes de painéis monolíticos de solo-cimento a proporção cimento utilizado deve ser de 1 para 15 volumes de solo.

Neves *et al.* (2010) citam que independente da técnica de construção, as proporções recomendadas de solo-cimento devem seguir o descrito na Tabela 6.

Tabela 6. Relação solo e cimento para as misturas de solo-cimento (em volume).

Retração (mm)	Cimento	Solo
Menor que 12	1	18
De 12 a 25	1	16
De 25 a 38	1	14
De 38 a 50	1	12

1.5. Vidro

Os primeiros pedaços de vidros que chegaram ao Brasil foram em 1500, com a vinda de Pedro Álvares Cabral. Porém, apenas entre 1624 e 1635, por meio de invasores holandeses em Pernambuco, que quatro artesões abriram a primeira oficina de vidro para a confecção de copos, frascos e janelas. Ainda assim, apenas a partir de 1808 com a chegada da Família Portuguesa ocorreu a construção e inauguração em 1810 da primeira fábrica vidreira no Brasil, em Salvador. E as primeiras grandes empresas vidreiras começaram a surgir a partir da década de 1950 e na década de 1960 eram três os principais fabricantes de vidros do Brasil (PINHEIRO, 2007).

Atualmente o Brasil têm seis indústrias de fornecimento de vidros, sendo: AGC, Cebrace, Guardian, Stain-Gobains Glass, UBV e Vivix. Em relação às associações podem-se destacar três, sendo o Sindicato do Comércio Atacadista de Vidros Planos, Cristais e Espelhos; a Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro – ABIVIDRO e a Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidro – ABRAVIDRO (ABRAVIDRO, 2017).

A produção de vidro no país em 2017 contabilizou em média de 980 mil toneladas, sendo que 45% do vidro vem de fonte de material reciclado na forma cacos. Do total reciclado, dados do ano de 2011 apontaram que os resíduos são das indústrias de envase (40%), mercado difuso (40%), refugo da indústria (10%) e canais frios, como bares, restaurantes entre outros (10%).

Para a produção de vidro agrupam-se distintas matérias primas e realiza-se à fusão em cerca de 1500 °C e após o seu resfriamento. Cada matéria prima utilizada possui importante papel na confecção do vidro (Tabela 7) (MANOEL, 2010).

Tabela 7. Matérias primas adicionadas na composição do vidro

Matéria Prima	Material	Função	Quantidade
Casco	Vidro usado	Diminuição de custos	Até 75% do total
Vitrificante	Areia	Indispensável à criação da rede vítrea	De 73 a 74%
Fundente	Óxido de sódio e óxido de potássio	Baixar a temperatura da fusão	De 12 a 13%
Estabilizador	Óxido de cálcio, óxido de magnésio e óxido de zinco	Estabilizar a massa de vidro	De 12 a 13%
Afinadores	–	Controlar a cor e opacidade do vidro	–

Fonte: adaptado de Manoel, 2010.

Segundo o Conselho Regional de Química da 4ª Região (CRQ-IV, 2011) existem mais de 800 tipos de vidros, entretanto, considerando a composição química do vidro ele pode ser classificado em distintas formas, conforme citado a seguir:

- Vidro sodo-cálcico: utilizado na confecção de embalagem como potes, garrafas, frascos, na produção de elementos como copos, janelas e empregado nas indústrias de eletrodomésticos e automobilística. Também é um dos vidros mais baratos frágeis e responde por 90% da produção de vidro.
- Vidro ao chumbo: para a sua fabricação empregasse cerca de 20 a 30% de óxido de chumbo em sua composição e produz vidros de maior brilho, fragilidade e direcionados à vidraria refinada como cálices, taças, ornamentos e outros tipos mais.
- Vidro borossilicato: muito utilizado em itens domésticos, itens de laboratório científicos e farmacêuticos, pois possui boa resistência à choques térmicos, a corrosão química e tem como característica ter ao menos 5% de óxido de boro.

O vidro quando não pode mais ser utilizado na forma original torna-se sucata e o principal mercado desta sucata são as vidrarias, que compram o vidro de empresas de coleta seletiva ou trabalhadores autônomos na forma de cacos (LÓPEZ *et al.*, 2005).

Contudo, devido as impurezas das sucatas, custos de logística elevados e misturas de sucatas de cores diferentes e que não são fáceis de serem separadas, o vidro por vezes é descartado em aterros. Como o vidro não é um material orgânico, o tratamento que a sua sucata acaba recebendo é apenas uma medida paliativa de estabilização e controle.

Desse modo, uma maneira de reduzir a quantidade de resíduos de vidros e também reduzir a pressão ambiental para o fornecimento de mais matérias primas seria empregar os resíduos de vidro na confecção de novos materiais.

Diversos autores como López *et al.* (2005), Galvão *et al.* (2013) e Godinho *et al.* (2005) estudaram a adição de vidro na elaboração de diversas matérias como concretos, tijolos e corpos cerâmicos. Dallacort (2002) ressalta que a adição do vidro em misturas para fabricação de determinados materiais pode ocasionar economia da adição de cimento, tendo em vista que o vidro em determinada faixa granulométrica tem efeito pozolânico ou de *filler*.

REFERÊNCIAS

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Dosagem das misturas de solo-cimento:** normas de dosagem e métodos de ensaio. São Paulo: Publicações ABCP, 2004.

_____. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Solo-cimento na habitação popular.** São Paulo: Publicações ABCP, 1985.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004:** Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10833:** Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012g.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12023:** Solo-cimento - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012b.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12024:** Solo-cimento - Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012c.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12025:** Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012d.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12253:** Solo-cimento – Dosagem para o emprego em camada de pavimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012a.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6459:** Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 2016a.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7180:** Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2016b.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181:** Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8491:** Tijolo de solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012e.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8492:** Tijolo de solo-cimento - Análise dimensional, determinação da resistência á compressão e da absorção de água - Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012f.

ABIVIDRO. Associação Técnica Brasileira das Industrias Automáticas de Vidro. **Reciclagem no Brasil.** 2013. Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/reciclagem-abividro/reciclagem-nobrasil>>. Acesso em: 10 out. 2017.

ABRAVIDRO. Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos. **A história do vidro: Vidro no Brasil**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://abravidro.org.br/mercado/como-funciona/#tab3>>. Acessado em: 20 nov. 2017.

ANITECO. Associação Nacional da Indústria do Tijolo Ecológico. **O Tijolo Ecológico**. BELO HORIZONTE, 2017. Disponível em: <<http://www.aniteco.com/o-tijolo-ecologico/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

BNH. Banco Nacional da Habitação. **Uniformização das técnicas de aplicação do solo-cimento na construção habitacional**. Rio de Janeiro: DEPEA/BNH, 1985.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: D.O.U, 3/8/2010.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**. v. 61, p. 178-189, 2015.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 1988.

CASSAR, J.; CAMILLERI, J. Utilisation of imploded glass in structural concrete. **Construction and Building Materials**. v. 29, p. 299-307. 2012.

CEPED. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. **Manual de construção com solo-cimento**. 3 ed. atual. São Paulo: CEPED/ BNH/ URBIS/ CONDER/ PMC/OEA/ CEBRACE/ ABCP, 1984.

CRQ – IV. Conselho Regional de Química da 4ª Região. **Vidro**. 2017. Disponível em: <<http://www.crq4.org.br/vidroquimicaviva>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

DALLACORT, R. L. J. H. C., WILLRICH, F. L., BARBOSA, N. P. Resistência à compressão do solo-cimento com substituição parcial do cimento Portland por resíduo cerâmico moído. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 6, n.3, p. 511-518, 2002.

DAS, B.M. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. 6 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2007.

DNER. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Manual de implantação básica**. 2 ed. Rio de Janeiro:DNER. 1996.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Manual de estudos de tráfego** IPR 723. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

FRAGA, Y.I S. B.; BARBOSA, A. Q.; DORTAS, I. S.; SANTOS, L. P.; MOTA, W. V. Tecnologia dos materiais: a utilização do tijolo de solo-cimento na construção civil. **Ciências Exatas e Tecnológicas**. v. 3, n. 3, p. 11-24, 2016.

GALVÃO A. C. P.; FARIAS, A. C. M.; SOUZA, L. G. M. Viabilização de rejeitos de vidro para produção de tijolos cerâmicos. **Holos**. v. 4. p. 59-69, 2013.

GODINHO K. O., HOLANDA, J. N. F., DA SILVA, A. G. P. Obtenção e avaliação de propriedades tecnológicas de corpos cerâmicos à base de argila e vidros reciclados. **Cerâmica**, v. 51, p. 419-427, 2005.

GRANDE, F M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com adição de sílica ativa**. 180f. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulos, São Carlos, SP, 2003.

INPEV - INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. **Relatório de Sustentabilidade 2016**. Disponível em: < http://inpev.org.br/Sistemas/Saiba-Mais/Relatorio/inpEV_RS2016.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2018.

LAGARINHOS, C. A. F.; TENÓRIO, J. A. S. Logística reversa dos pneus usados no Brasil. **Polímeros**, v.23, n.1, p. 49-58, 2013.

LINTZ ,R. C. C.; JACINTHO, A. E. P. G. A.; PIMENTEL, L. L.; GACHET-BARBOSA, L. A. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**. v. 5, n. 2, p. 166-181. 2012.

LÓPEZ, D. A. R., AZEVEDO, C. A. P., BARBOSA N. E., Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro minuído como agregado fino. **Cerâmica**. v.51, p. 318-324, 2005.

MANOEL, J. A. H. M. C. **Análise de processos fabris na BA Vidro**. 55f. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010.

MOTTA, J. C. S. S. MORAIS, P. W. P.; ROCHA, G. N.; TAVARES, J. C.; GONÇALVES, G. C.; CHAGAS, M. A.; MAGESTE, J. L.; LUCAS, T. P. B. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **E-xacta**. v. 7, n. 1, p. 13-26, 2014.

NEVES, C. M. M.; FARIA, O. B.; ROTONDARO, R.; CEVALLOS, P. S.; HOFFMANN, M. V. **Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo**. Vila Bauru: Rede Ibero-americana PROTERRA. 2011.

OLIVEIRA, R.; BRITO, J ; VEIGA, R. Incorporação de agregados finos de vidro em argamassa. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**. n. 21, p. 25-39, 2013.

PACHECO, J. W. F. **Curtumes**. São Paulo: CETESB, 2005. 76 p.

PENA, R. F. A. **Laterização dos solos**. Brasil Escola. 2017. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/laterizacao-dos-solos.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

PINHEIRO, F. C. **Evolução do uso do vidro como material de construção civil**. 64f. 2007. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade São Francisco, Itatiba, SP, 2007.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos**. 3 eds. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

_____. **Curso básico de mecânica dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

RASHAD, A. M. Recycled waste glass as fine aggregate replacement in cementitious materials based on Portland cement. **Construction and Building Materials**. v. 72, p. 340–357, 2014.

REIS, G. D.; NEGREIROS, N. F. Uso de resíduos da construção civil na fabricação de tijolos solo-cimento. **ANAP Brasil**. v. 9, n. 16, p. 45-53, 2016.

SANTIAGO, C. C. **O solo como material de construção**. 2 ed. Salvador: EDUFBA, 2001.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; COELHO, J. B.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

SEGANTINI, A. A. S. **Utilização de solo-cimento plástico em estacas escavadas com trado mecânico em Ilha Solteira (SP)**. 206f. 2000. Tese (Doutorado em Construções Rurais) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2000.

TURCI, E. **Civilizações hidráulicas: Mesopotâmia**. 2008. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/historia/civilizacoes-hidraulicas-mesopotamia.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

ULIANA, J. G.; CALMON, J. L. ; VIEIRA, G. L.; TEIXEIRA, J. E. S. L.; NUNES, E. Tratamento térmico da lama do beneficiamento de rochas ornamentais: aplicação como pozolana em matrizes cimentícias. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**. v. 8, n. 2, p. 100-123. 2015.

VAN VLACK, L. H. **Princípios de ciências e tecnologia dos materiais**. Edson Monteiro, tradução, 2 ed. São Paulo: Campus, 1970.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo: Editora McGRAW-HILL do Brasil LTDA, 1978.

VILLIBOR, D. F.; NOGAMI, J. S.; CINCERRE, J. R.; SERRA, P. R. M.; NETO, A. Z. **Pavimentos de baixo custo para vias urbanas**. 2 ed. São Paulo: Arte & Ciência, 2009.

Artigo:- Tijolo solo-cimento como alternativa para destinação de resíduo vidro

Tijolo solo-cimento como alternativa para destinação de resíduo vidro

Resumo: Neste estudo avaliaram-se as condições de produção de tijolo solo-cimento com incorporação de vidro. Foram testados dois tipos de solo, Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo, duas granulometrias de vidro, em pó substituindo o cimento, e moído substituindo o solo. Os resultados mostraram que o vidro em pó não se mostrou bom substituto do cimento. Entre os solos testados, o Latossolo Vermelho mostrou-se o mais indicado para utilização da mistura solo-cimento. A incorporação do vidro moído agregou resistência mecânica aos corpos de prova. A concentração ideal de cimento foi estipulada em 10%, com 50% de vidro moído substituindo a massa de solo. Os tijolos solo-cimento moldados de forma convencional e de forma alternativa atingiram resistência a compressão exigida por norma aos 14 e 7 dias de cura, respectivamente. A moldagem de tijolo solo-cimento-vidro é viável tecnicamente, tendo absorção de água e resistência a compressão dentro dos limites definidos em norma.

Palavras-chave: Corpo de Prova, Incorporação, Reutilização, Tijolo Ecológico

INTRODUÇÃO

A geração total de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil, em 2016, foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, com mais de 36 milhões de toneladas de RSU foram dispostos em locais inapropriados[1].

Entre os resíduos tem-se uma parcela significativa que poderia ser reutilizada. O aumento do custo na obtenção de matérias primas e a sua menor disponibilidade pressionam para a busca de fontes alternativas de utilização de resíduos e subprodutos em vários processos ou atividades, tornando a reutilização de resíduos ferramenta importante para o desenvolvimento sustentável e a conservação ambiental.

Pesquisas que visam a reutilização de resíduos das atividades humanas é crescente na construção [2][3][4][5][6], e ajudam a evitar ou retardar o descarte de resíduos, reduzindo problemas como as enchentes causadas geralmente pela obstrução de sistemas de drenagem, além de preservar as reservas naturais de matérias primas.

A construção civil é uma atividade que gera grande quantidade de resíduos de diversas naturezas. Além de ser responsável pelo consumo excessivo de recursos naturais provenientes de fontes não-renováveis [7]. Entretanto, é um setor que apresenta grande potencial para absorver os resíduos sólidos. Desse modo, a reciclagem dos resíduos na forma de agregados é uma alternativa importante para a redução dos impactos e para a preservação ambiental.

A utilização do resíduo de construção civil (RCC) na fabricação de blocos de concreto e argamassas de assentamento é uma alternativa de reutilização considerada viável tecnicamente, podendo ser utilizado na construção de habitação popular [8]. Ainda é salientado a importância do emprego do RCC em pavimentação de novas vias [7].

O tijolo triturado é um material comumente encontrado nas atividades de demolição e obras, e que até recentemente as aplicações deste material foram limitadas ao reaproveitamento em camadas de pavimento, foi avaliado o desempenho do tijolo triturado como material suplementar em agregados de concreto reciclado estabilizados com cimento [9]. Os resultados do estudo mostraram que as misturas estabilizadas com até 50% de tijolos triturados como material suplementar e 3% de cimento apresentaram propriedades físicas e de resistência em conformidade com os requisitos da rede rodoviária.

Em relação a resíduos específicos, como o vidro, os dados apresentados pela ABRELPE [10] apontam que cerca de 3.000 t de vidro foram produzidas em 2008, sendo que destes, 1.292 t foram fabricadas pelo segmento de embalagens e 1.280 t no segmento de vidros planos, e cerca de 20% das embalagens produzidas foram enviadas para aterros ou locais ignorados.

Resíduos de vidro têm sido empregados em diversas substituições, sendo testados como agregados graúdos ou miúdos e como agente cimentante, na fabricação de blocos, argamassas e concreto [11]. Ainda o vidro provindo de tubos de televisões e monitores possui força intrínseca razoável, absorve pouca água e é rico em sílica, o que torna o vidro adequado para utilização como areia ou pozolana em materiais de construção[12].

Na fabricação de concreto, o vidro pode ser um ótimo substituto do agregado fino (areia), ou seja, o concreto-vidro apresenta maiores resistência a compressão quando comparado a amostra padrão[13]. No entanto, o concreto-vidro mostrou-se suscetível à expansão quando mais de 10% de vidro era adicionado à mistura. Também revelou-se que a utilização de vidro resultou em aumento de 16% na força de compressão e aumento de 14% na resistência à flexão do concreto [14].

Os resíduos de vidro podem também ser empregados na fabricação de esmaltes cerâmicos, sendo que a adição de resíduo vidro fornece um produto com características estéticas e mecânicas semelhantes ao esmalte padrão, que tem como função tornar a superfície da cerâmica à prova de água, colorida e brilhante [15].

Além dos produtos argamassas, blocos e concretos, o tijolo solo-cimento pode ser uma alternativa para a destinação do vidro. Os tijolos solo-cimento são fabricados pela mistura de solo e cimento e apresentam como vantagens a facilidade de fabricação, uma vez que o tijolo pode ser produzido por prensagem manual, não exigindo a queima do mesmo e não requer profissionais especializados em sua fabricação e utilização [16].

A utilização da mistura solo-cimento pode proporcionar redução de custos de até 40% na construção de habitações, pois o solo é o elemento que entra em maior proporção nessa mistura, sendo este um material de baixo custo e sem custo de transporte, pois se utiliza o solo da região da obra [17].

A utilização do cimento na mistura proporciona alta resistência mecânica e resistência à água, uma vez que diminui a capacidade de absorção, resistência ao inchamento e a contração, sendo este considerado o estabilizador mais indicado para solos com baixo teor de argila [18]. Em testes de resistência de blocos de terra estabilizados em cimento (CSEB), os resultados experimentais mostraram que a resistência à compressão do CSEB aumentou com o aumento do teor de cimento. Mas para que a mistura seja viável economicamente, a utilização de cimento deve ser relativamente baixa, com teores de até 10% de cimento.

A incorporação de pó de fibra de coco, casca de arroz e de braquiária, em tijolos de solo-cimento, sugerem que não há comprometimento das propriedades mecânicas de resistência e absorção de água, quando há a substituição de 10% de cimento por estes resíduos vegetais [19].

Os resíduos oriundos das indústrias de papel e celulose, podem ser incorporados na fabricação de blocos de solo-cimento como um novo material de construção [20]. Porém, ressalta-se a importância de pesquisas que avaliem a quantidade de resíduo a ser utilizado, pois existem exigências normativas a serem respeitadas, como a resistência a compressão e absorção de água.

Neste estudo teve-se por objetivo avaliar a incorporação do resíduo vidro na fabricação de tijolos solo-cimento, utilizando dois tipos de solo (Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo).

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos para a incorporação de vidro na fabricação de tijolos solo-cimento foram realizados no município de Sinop – MT. Os solos utilizados foram o Latossolo Amarelo (de ocorrência predominante na região) e o Latossolo Vermelho (de ocorrência menos frequente).

A princípio o vidro foi triturado para a obtenção do resíduo de vidro. Em seguida, classificou-se os solos de acordo com a TRB, e posteriormente foram feitos os ensaios para obtenção da umidade ótima. Os corpos de prova cilíndricos foram moldados para o ensaio de compressão simples.

Com os resultados obtidos foi definido qual tipo de solo atende os requisitos necessários. Logo após substituiu-se o solo por resíduo vidro, para a moldagem dos corpos de prova, visando obter a resistência a compressão destes corpos.

Na etapa subsequente, após a obtenção do resultado de resistência, e em conformidade aos requisitos previstos em NBR, adicionou-se o cimento, e foram moldados os tijolos nos formatos furado (moldagem convencional) e maciço (moldagem alternativa). Para tal, verificou-se a absorção de água e a resistência a compressão simples.

Resíduo vidro

O vidro utilizado foi coletado em empresa do ramo de vidraçaria. O material foi coletado em pedaços grandes (1 a 20 cm), sendo triturado e peneirado para a utilização de duas granulometrias: pó de vidro (menor que 0,045 mm) e vidro moído (0,425 a 2 mm).

O pó de vidro foi utilizado na fabricação de corpos de prova em substituição a massa do cimento, com o intuito de testar seu possível efeito pozolânico. A substituição do cimento por pó de vidro foi realizado nas porcentagens de 25, 50, 75 e 100%.

O vidro moído foi utilizado na substituição do solo na fabricação de corpos de prova e tijolos. As substituições de solo por vidro moído foram na porcentagem de 50%, em massa.

Ensaio de classificação

Para classificar o solo e a mistura solo-resíduos foi utilizado o sistema de classificação da *Transportation Research Board* (TRB), uma vez que os estudos de dosagem propostos pela Associação Brasileira de Cimento Portland ABCP [22] se embasam nessa classificação. A classificação TRB reúne os solos grupos e subgrupos de acordo com as características granulométricas e trabalhabilidade. Assim para classificar o solo e a mistura solo-resíduo, ensaios granulométricos e limites de consistência foram realizados. Com os resultados destes ensaios, comparando os resultados encontrados com os apresentados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes DNIT [23], classificou-se os solos e solo-resíduo.

Com base na NBR 7181 [24] determinou-se as porções de areia, silte e argila para a caracterização da textura do solo e da mistura solo-resíduo.

Os limites de consistência do solo representados pelos índices de plasticidade (IP) foram calculados pela diferença entre os valores obtidos nos ensaios para determinação dos limites de liquidez (LL) [25] e determinação dos limites de plasticidade (LP) [26] (Equação A).

$$IP = LL - LP \quad (A)$$

Com os resultados da classificação do solo e da mistura solo-resíduo e empregando-se a classificação utilizada pela ABCP (Tabela 1) verificou-se a recomendação do percentual de cimento a ser adicionado ao solo e à mistura solo-resíduo para a fabricação dos corpos de prova e tijolos.

Tabela 1 - Percentual de cimento recomendado a ser acrescido ao solo de acordo com a classificação do solo.

Classificação TRB	Percentual de cimento, % em massa	Classificação TRB	Percentual de cimento, % em massa
A1-a	5	A4	10
A1-b	6	A5	10
A2	7	A6	12
A3	9	A7	13

Fonte: adaptado de ABCP [20].

A recomendação foi utilizada como base, porém, foram testados teores de cimento maiores e menores do que o valor recomendado na moldagem dos corpos de prova, sendo testados todas as percentagens recomendadas pela TRB.

Ensaio de compactação

A determinação das umidades ótimas para a moldagem dos corpos de prova foi realizada pelo ensaio de compactação, seguindo a normativa NBR 12023 [27]. As curvas foram obtidas para os solos sem a adição de cimento, com adição de cimento e com a substituição de solo por resíduo.

Fabricação dos corpos de prova e tijolos solo-cimento

Os corpos de prova foram moldados em fôrmas cilíndricas, compactados, desenformados, curados em ambiente úmido, por sete dias, conforme especificação da NBR 12024 [28] e NBR 12025 [29]. As proporções de cimento adicionadas foram as expressas na classificação da TRB, também foi testado o efeito do pó de vidro em substituição ao cimento nas proporções de 25%, 50%, 75% e 100%, na dosagem de cimento que atingiu a resistência mínima estabelecida pela NBR.

Os tijolos de solo-cimento-resíduo foram moldados nas dimensões de 30x15x7,5 cm [30][31], com dois furos, em prensa hidráulica pertencente a construtora localizada no município de Sinop-MT. Após a moldagem, os tijolos foram acondicionados em ambiente úmido durante sete dias. Para o ensaio de compressão, os tijolos foram cortados ao meio, perpendicular à sua maior dimensão, superpondo suas faces maiores, as duas metades obtidas e as superfícies cortadas invertidas, ligando-as com uma camada fina de pasta de cimento Portland, com 2 mm a 3 mm de espessura, conforme NBR 8492 [32].

Ensaio de compressão simples

Os ensaios de compressão simples foram realizados nos corpos de prova segundo a NBR 12025 [29] e tijolos segundo a NBR 8492 [31], em máquina universal de ensaio. A velocidade utilizada nos ensaios era de 1 mm.min⁻¹. Os ensaios foram realizados aos sete, quatorze e vinte e oito dias após a moldagens dos corpos de prova e tijolos. Antes dos ensaios de compressão, os corpos de prova foram mantidos imersos em água por 4 horas e os tijolos por 6 horas antes dos ensaios.

Ensaio de absorção de água

Para o ensaio de absorção de água, os corpos de prova foram colocados em estufa até consistência de massa, pesados, imersos em água por 24 horas e pesados novamente, conforme NBR 8492 [32]. A absorção de água foi calculada conforme a Equação B.

$$A = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_2} \right) \cdot 100 \quad (B)$$

Em que:

A é a absorção de água (%)

m₂ é a massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g)

m₁ é a massa do corpo de prova seco em estufa, expressa em gramas (g)

Ensaio de Retração

Para o ensaio de retração a amostra de solo-cimento-resíduo foi saturada com água até obter-se consistência plástica, semelhante a argamassa de emboço. Em seguida a amostra foi colocada em caixa de madeira com 60 cm de comprimento, 8,5 cm de largura e 3,5 cm de altura permanecendo em local sombreado por 07 dias [16][20][33][34].

Moldagem alternativa na produção de tijolos

Também foram fabricados tijolos solo-cimento-resíduo moldados de forma alternativa ao especificado em norma, ou seja, tijolos nas dimensões de 20x10x5 cm, utilizando moldes em madeira. A mistura solo-cimento-resíduo foi misturada em betoneira, sendo acrescida a água até que a mistura apresentasse consistência de argamassa de emboço. Foram coletadas três amostras para determinação da umidade da mistura, posteriormente a mistura era disposta nos moldes e adensada de forma manual, para evitar a formação de bolhas de ar na mistura. Os moldes foram dispostos em câmara úmida e, após 24 h, foram desenformados, e mantidos em processo de cura por sete dias. Após a cura foi realizado o ensaio de compressão simples de acordo com a NBR 8492 [32].

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o Delineamento Inteiramente ao Acaso, sendo que, na etapa de investigação da porcentagem de cimento os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 2x7, dois tipos de solo (Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo) e sete traços de cimento (5, 6, 7, 9, 10, 12 e 13%), com cinco repetições. Na etapa de investigação do efeito da substituição de cimento por vidro em pó foram utilizados 5 tratamentos (0, 25, 50, 75 e 100%), com 5 repetições. Por fim, na última etapa experimental foram testados os efeitos da idade e do tipo de tijolo sobre a resistência à compressão, neste caso, os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 2x3, dois tipos de tijolos (furado ou maço com moldagem alternativa) e três idades (7, 14 e 28 dias), com 7 repetições.

Em todas as inferências realizadas utilizou-se a análise de variância (Anova) e quando identificadas diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) procedeu-se a comparação entre médias (teste de Tukey) ou a análise de Regressão. Os testes foram realizados por meio do programa computacional Sisvar [35].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Classificação dos solos

Para a classificação dos solos, os resultados da análise granulométrica e índices de plasticidade dos Latossolos vermelho e amarelo foram obtidos.

A análise granulométrica dos solos Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo demonstrou que o Latossolo Vermelho possui elevado teor de areia, 68% (aApêndice 1). A fração de areia média e grossa (0,2 a 2 mm) compreendeu 4% do total da areia, e o restante se apresentou na granulometria areia fina (0,06 a 0,2 mm). Para o Latossolo Amarelo verificou-se que mais de 70% do material passou pela peneira de abertura 0,075 mm, indicando alta concentração de silte e argila (73%). (Apêndice 2)

De acordo com a recomendação da ABCP [22], os solos adequados para a fabricação de tijolos solo-cimento são aqueles que apresentam pelo menos 50% do material passante na peneira de 0,075 mm.

O Latossolo Vermelho apresentou características adequadas para a fabricação de tijolos solo-cimento, porém, o Latossolo Amarelo não. De acordo com Portland Cement Association [36], a estabilidade do solo-cimento ocorre pela hidratação do cimento e não pela coesão do solo, e solos que apresentem pelo menos 65% de areia são os mais recomendados para a mistura solo-cimento, pois nos solos com granulometria muito fina a energia de compactação necessária e a quantidade de cimento para que todas as partículas se aglomerem torna o processo economicamente inviável.

Os limites de liquidez e plasticidade dos solos foram avaliados. Para o Latossolo Vermelho, o limite de liquidez (LL) encontrado foi de 17% de umidade e o limite de plasticidade (LP) apresentou-se como não plástico, assim, o IP determinado foi igual a 17% (Equação A). O Latossolo Amarelo apresentou LP de 20% e LL de 33% de umidade, respectivamente. Assim, o índice de plasticidade do Latossolo Amarelo calculado (Equação A) foi igual a 13%.

Considerando os resultados da análise granulométrica e índice de plasticidade seguindo os critérios de classificação da TRB (Tabela 1), o Latossolo Vermelho foi classificado como A-2-4 e o Latossolo Amarelo classificado como sendo A-6. Assim, com base nessas classificações verificou-se que para o Latossolo Vermelho o teor ótimo de cimento é de 7% e para o Latossolo Amarelo, 12%.

Apesar da recomendação da classificação TRB para a dosagem de cimento optou-se em testar teores maiores e menores do que a recomendação nos corpos de prova. Assim, testaram-se os teores de 5, 6, 7, 9, 10, 12 e 13% de cimento, para ambos os solos.

Ensaio de compactação

As umidades ótimas em função da massa específica aparente seca máxima, obtidas pelos ensaios de compactação, mostraram que a umidade ótima do Latossolo Vermelho foi de aproximadamente 12% e que a do Latossolo Amarelo foi de aproximadamente 21%. Quando adicionado cimento, as umidades ótimas não apresentaram alterações significativas em relação ao solo sem adição de cimento.

A água funciona como lubrificante entre as partículas de solo, com isto em solos com granulometria fina, a área de contato superficial é maior, necessitando mais água para que esta lubrificação ocorra, por isto, a umidade ótima do Latossolo Amarelo é maior.

Ensaio de compressão simples nos corpos de prova

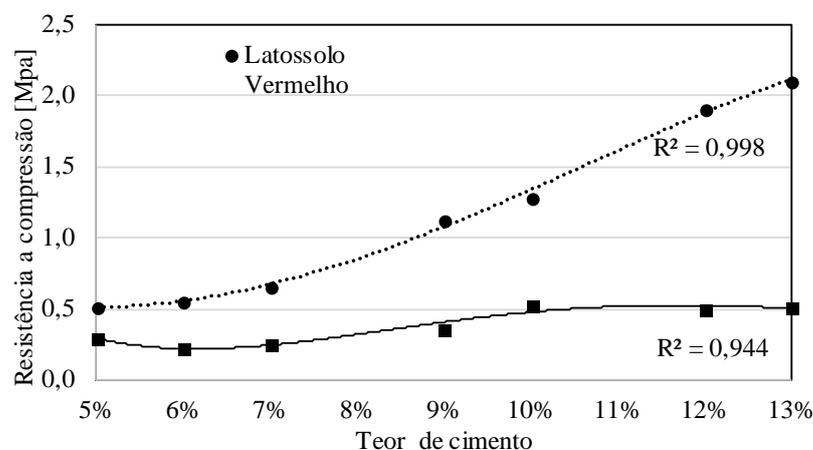
Os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples dos corpos de prova moldados para os solos Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo, em diferentes teores de cimento, mostraram que o comportamento da resistência à compressão variou em relação aos tratamentos (figura 1).

A análise de variância ($P < 0,05$) apontou diferenças significativas entre os tipos de solo, mostrando que a resistência do Latossolo Amarelo é menor do que a do Latossolo Vermelho. Ocorre que grandes quantidades de finos são responsáveis pelo enfraquecimento do efeito aglutinante entre o cimento e a fração arenosa do solo. Embora o cimento reaja até mesmo com solos finos e tenda a estabilizá-los, a resistência da estrutura colóide/cimento é significativamente mais fraca que a estrutura granular/cimento [37].

Além do mais, pelo fato de apresentarem maior superfície específica, solos com granulometria muito fina requerem elevados teores de cimento e, conseqüentemente, maiores quantidades de água, afetando negativamente a trabalhabilidade da mistura e também aumentando o custo.

Em relação ao teor de cimento, para o Latossolo Vermelho (Figura 1) observa-se tendência de aumento de resistência à compressão em função do aumento do teor de cimento ($P < 0,05$). Para o Latossolo Amarelo (Figura 1) verificou-se tendência de aumento na resistência entre os teores de 6 a 10%, mantendo-se aproximadamente constante entre 10 e 13% ($P < 0,05$).

Figura 1: Resistência a compressão simples dos corpos de prova cilíndricos fabricados com Latossolo Vermelho e Latossolo Amarelo.



De acordo com as recomendações da NBR 8491 [30], o valor mínimo de resistência para aplicação de elementos de vedação em paredes é de 2 MPa, o que somente foi atingido com o teor de 13% de cimento no Latossolo Vermelho. Considerando este resultado, tem-se que o teor de cimento necessário pra atingir a resistência de 2 Mpa é maior do que o teor ótimo indicado pela classificação do solo (7%) e maior também que o valor indicado pela literatura como máxima incorporação economicamente viável de cimento (10%).

Substituição de solo por resíduo vidro

Para esta etapa experimental foi utilizada mistura solo + resíduo composta por 50% Latossolo Vermelho e 50% de resíduo de vidro moído. A faixa granulométrica do vidro foi de 0,425 a 2,00 mm, correspondendo a faixa granulométrica de areia média e grossa, pois a maior parte da areia presente no Latossolo Vermelho era de areia fina. Segundo as recomendações técnicas, os solos granulares tem maior capacidade de se aglomerar com o cimento[37][38]. Após a incorporação do vidro ao solo, a mistura foi classificada novamente com base na granulometria e no limite de consistência. Observou-se que a granulometria da mistura alterou-se em virtude do acréscimo do resíduo, apresentando maior teor representativo de areia (84%), porém, os limites de consistência (LP e LL) não apresentaram alteração, pois para a realização dos ensaios dos limites de consistência o solo deve passar na peneira de 0,425 mm, e a granulometria do vidro utilizado era superior a abertura desta peneira.

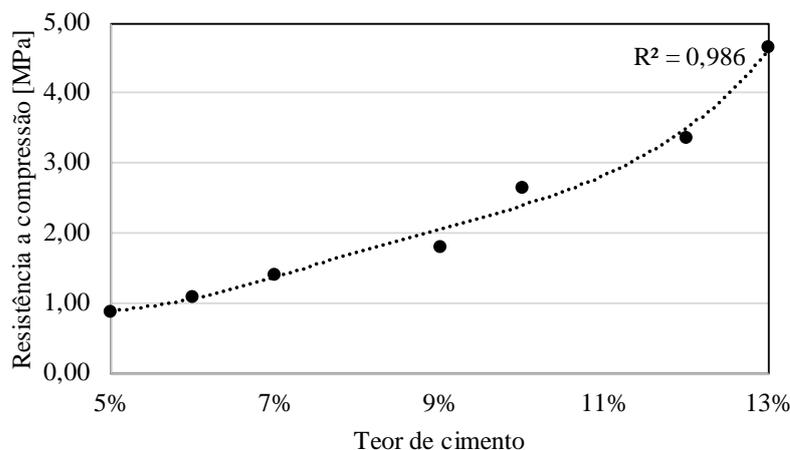
Após definição da granulometria da mistura (Classificação TRB A-1b) observou-se novamente a Tabela 1 (Percentual de cimento recomendado a ser acrescido ao solo de acordo com a classificação do solo) e verificou-se que o teor ótimo de cimento deveria ser de 6%.

Além de definir a granulometria procedeu-se a definição de umidade ótima para a mistura, o resultado encontrado foi de aproximadamente 10%. Observa-se pelo teste realizado que a adição de resíduos promoveu a alteração das características granulométrica do solo, reduzindo a área de contato superficial dos grãos, desta forma, houve redução na quantidade de água necessária para se obter a umidade ótima, o que está de acordo com SCHABBACH *et al* (2011) [15] e LIMA, ALEXANDRE e ALVES (2009), [38].

Após a definição da umidade ótima da mistura solo + resíduo, novos corpos de prova foram moldados, com teores de cimento variando de 5 a 13%.

A análise estatística indicou efeito significativo do teor de cimento sobre a resistência à compressão da mistura ($P < 0,05$) (Figura 2). Observou-se que somente nos teores 10, 12 e 13% de cimento atingiu-se a resistência à compressão mínima de 2 Mpa recomendada por norma. Para o valor indicado pela classificação TRB, 6% de cimento, o valor médio de resistência à compressão foi de aproximadamente 50% do valor recomendado pela norma (2 Mpa).

Figura 2 – Resistência a compressão dos CP cilíndricos em relação ao teor de cimento adicionado resíduos vidro.



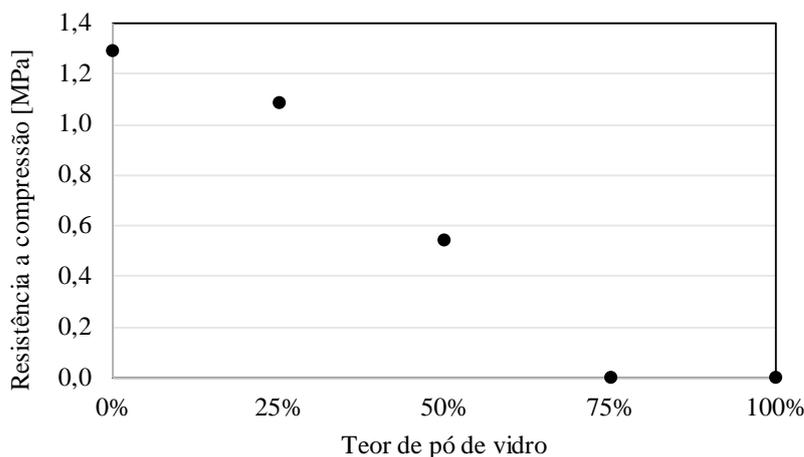
A possibilidade de incorporação de resíduos em misturas à base de cimento é uma contribuição da construção civil para reciclagem de resíduos prejudiciais ao meio ambiente, podendo também melhorar o desempenho dos materiais com sua adição [39].

Substituição do cimento por pó de vidro

Nos experimentos realizados com objetivo de verificar o efeito da substituição de cimento por pó de vidro foi utilizado Latossolo Vermelho e 10% de teor de cimento. As substituições de cimento por pó de vidro foram 25, 50, 75 e 100, em massa, mais a testemunha (0% resíduo). Os resultados mostraram que conforme aumentou-se a porcentagem de resíduo pó de vidro, o valor médio da resistência à compressão reduziu de forma significativa ($P < 0,05$) (Figura 3).

Os corpos de prova com substituições de 75% e 100% de cimento por resíduo se desintegram com muita facilidade após a imersão em água. Esses resultados mostraram que o pó de vidro não apresentou efeito cimentante na mistura com o solo. Ao contrário do verificado neste trabalho, estudos apontam forte efeito pozolânico do vidro junto ao cimento melhorando suas características de resistência [40].

Figura 3. Resistência a compressão dos CP cilíndricos em relação a substituição do cimento por pó de vidro.



Tijolo furado de solo-cimento

A fabricação de tijolos solo-cimento foi realizada com a mistura de 50% solo + 50% resíduo vidro moído e com 10% de cimento, considerando para tanto a indicação normativa e a viabilidade econômica.

Nesta etapa buscou-se verificar o efeito da idade sobre a resistência à compressão simples, e os resultados encontrados foram 1,72 MPa aos sete dias, 2,02 MPa aos 14 dias e de 2,16 MPa aos 28 dias ($P < 0,05$). O valor de resistência apresentou-se maior do que o valor de referência, 2 MPa, somente após 14 dias de cura. O valor médio de resistência ficou abaixo do encontrado nos ensaios com corpos de provas cilíndricos, isto por que, possivelmente, as energias aplicadas às formas de moldagem são distintas, sendo que a energia na prensagem do tijolo é menor do que a energia aplicada na moldagem dos corpos de prova.

Outro fator importante relaciona-se a cura do cimento; observou-se que a idade é um fator importante para o processo (Tabela 2), observando elevação de 25% de resistência a compressão quando comparado os tijolos de 28 dias com os de 7 dias de cura. De acordo com Souza *et al* [16], que acompanharam a resistência dos tijolos por um período de 240 dias, foi observado ganho de resistência de até 300%; Ferraz e Segantini [41] e Segantini e Wada [42] verificaram ganhos de resistência superiores a 100% aos 120 dias idade, quando comparados com os tijolos aos 7 dias.

Em relação ao teor de umidade verificou-se que o valor médio encontrado, $14,5\% \pm 0,9$, foi adequado em relação ao estabelecido em norma, que indica valores de até 20% de absorção de água.

Moldagem alternativa

A mistura solo-cimento-resíduo foi homogeneizada em betoneira e disposta em moldes de madeira, formando tijolos maciços.

A umidade dos tijolos moldados de forma alternativa, maciços, foi determinada como de 22,4%. O valor da resistência à compressão suportada foi de 2,01 MPa aos 7 dias de cura, 2,09 MPa aos 14 dias e 2,29 MPa aos 28 dias ($P < 0,05$). Os resultados indicam que os tijolos maciços apresentaram maiores valores de resistência quando comparados aos tijolos convencionais (Tabela 3). O tijolo maciço aos 7 dias de cura apresentava resistência à compressão maior do que o valor definido por norma.

Acredita-se que dois fatores tenham sido determinantes em relação à maior resistência à compressão em relação ao tijolo maciço. A alta umidade na moldagem dos tijolos maciços possivelmente favoreceu as reações de hidratação de cimento e a porosidade ligeiramente menor pela forma de moldagem reduziu os índices de vazios, favorecendo o ganho de resistência. Outro fator relaciona-se ao quesito físico, pois os tijolos convencionais foram moldados com dois furos, fornecendo mais superfícies favoráveis a ruptura. Entretanto como a energia de moldagem é menor essa diferença de resistência mecânica reduziu com idades de cura mais avançadas.

A absorção de água do tijolo encontrada aos 7 dias de cura foi de $14,3\% \pm 0,1$, estando adequado aos valores estabelecidos em norma.

Tabela 2 – Resistência a compressão dos tijolos de solo-cimento.

Tipo tijolo	Idade		
	07 dias	14 dias	28 dias
Furado	1,71 A	2,02 B	2,16 C
Maciço	2,01 A	2,09 A	2,29 B

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ensaio de retração

O molde de solo-cimento-resíduo fabricado para o ensaio de retração mostrou que a massa não apresentou nenhuma trinca ou fissura após secagem a sombra, mesmo após 12 meses de ensaio.

Esse resultado pode ser um indicativo de que a fabricação de moldes maiores, como paredes monolíticas, poderiam ser executadas, pois a não formação de trincas ou fissuras é um parâmetro importante nesse tipo de execução.

Acredita-se que pode ser promissor um estudo sobre as variáveis do solo-cimento auto-adensável, sendo este capaz de produzir um componente de alvenaria similar ao componente tradicional de tijolo de solo-cimento, atendendo os requisitos de desempenhos exigidos por normas técnicas [43].

CONCLUSÃO

O Latossolo Vermelho apresenta resistência à compressão simples acima de 2 MPa para corpos de prova com teores de cimento acima de 13%. O Latossolo Amarelo, mesmo em teor de 13% não apresenta resistência.

A mistura de 50% de solo + 50% de resíduo vidro apresenta resistência a compressão com teor de 10% de cimento.

A substituição de cimento por pó de vidro não contribui para ganho de resistência em corpos de prova, não sendo, portanto, viável a sua substituição de cimento.

Os tijolos solo-cimento-resíduo vidro apresentam resistência mínima exigida somente aos catorze dias de cura. Porém, na moldagem alternativa o tijolo atinge a resistência indicada por norma em todas as idades de cura.

Ambos os tipos de tijolos moldados apresentam valores de absorção de água abaixo do limite recomendado.

A utilização do vidro moído na produção de tijolos solo-cimento é alternativa viável tecnicamente.

E a incorporação em materiais da construção civil minimiza a degradação ambiental gerada pela disposição ou reciclagem do vidro. E sua utilização pode ser empregada a populações de menor poder aquisitivo e de locais mais distantes, onde os tijolos podem ser confeccionados de forma simples, e até mesmo com moldagem de partes maiores, como paredes monolíticas.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se adicionar vidro, no Latossolo Amarelo, até obter-se a granulometria do solo utilizado na mistura solo-cimento e resíduo.

REFERÊNCIAS

- [1] ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS –. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo: ABRELPE. (2016) 62.
- [2] P. L. RODRIGUES; F. N. J. HOLANDA. Recycling of water treatment plant waste for production of soil-cement bricks. *Procedias Material Science*. **8**, (2013)194-202.
- [3] R. OLIVEIRA; J. BRITO; R. VEIGA. Incorporação de agregados finos de vidro em argamassa. *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, **21**, (2013) 25-39.
- [4] J. G. ULIANA; J. L. CALMON; G. L. VIEIRA; J. E. S. L. TEIXEIRA; E. NUNES. Tratamento térmico da lama do beneficiamento de rochas ornamentais: aplicação como pozolana em matrizes cimentícias. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*. **8**, 2 (2015) 100-123.
- [5] C. A. A. ROCHA; G. C. CORDEIRO; R. D. TOLEDO FILHO. Influência de resíduos de corte de rochas e de blocos cerâmicos moídos na hidratação e no empacotamento de pastas cimentícias. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*. **6**, 4, (2013) 661-680.
- [6] R. C. C. LINTZ; A. E. P. G. A. JACINTHO; L. L. PIMENTEL; L. A. GACHET-BARBOSA. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos empregados na fabricação de blocos. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*. **5**, 2 (2012) 166-181.
- [7] G. D. A. BASTOS; I. D. A. BASTOS; L. FIOR; L. HILDEBRAND; J. A. CERRI; M. S. ARAÚJO. Desenvolvimento em escala industrial de composições para blocos de solo-cimento utilizando fração cerâmica de entulho da construção civil – Um estudo de caso. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1; Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, São Paulo, (2004), Anais..., São Paulo: ANTAC.
- [8] R. S. FARIAS; F. B. LIMA; G. L. VIEIRA; A. S. R. BARBOZA; P. C. C. GOMES. Análise de propriedades de resistência à compressão e módulo de elasticidade em prismas de blocos de concreto produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 47, Pernambuco, (2005), Anais..., Pernambuco: IBRACON. (2005).
- [9] M. M. DISFANI; A. ARULRAJAH; H. HAGHIGHI; A. MOHAMMADINIA; S. HORPIBULSUK. Flexural beam fatigue strength evaluation of crushed brick as a supplementary material in cement stabilized recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*. **68**, (2014) 667–676.
- [10] ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS –. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo: ABRELPE. (2008) 196.
- [11] A. M. RASHAD. Recycled waste glass as fine aggregate replacement in cementitious materials based on Portland cement. *Construction and Building Materials*. **72**, (2014) 340–357.
- [12] Z. YAO; T. C. LINGB; P. K. SARKERC; W. SUA; J. LIUA; W. WUA; J. TANGA. Recycling difficult-to-treat e-waste cathode-ray-tube glass as construction and building materials: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **81**, (2018) 595–604.
- [13] L. A. PEREIRA-DE-OLIVEIRA; J. P. CASTRO-GOMES; P. M. S. SANTOS. The potential pozzolanic activity of glass and red-clay ceramic waste as cement mortars components. *Construction and Building Materials*. **31**, (2012) 197-203.
- [14] J. WARTMAN; D. G. GRUBB; A. S. M. NASIM. Select engineering characteristics of crushed glass. *Journal of Materials in Civil Engineering*. **16**, 6 (2004) 526–39.
- [15] L. M. SCHABBACH; F. ANDREOLA; I. LANCELLOTTI; L. BARBIERI. Minimization of Pb content in a ceramic glaze by reformulation the composition with secondary raw materials. *Cerâmica International*. **37**, (2011)1367–1375.
- [16] M. I. B. SOUZA; A. A. S. SEGANTINI; J. A. PEREIRA. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. **12**, (2008) 205-212.
- [17] ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Solo-cimento na habitação popular. São Paulo: ABCP. 2 nd. (1995) 6.
- [18] L. ZHANG; A. GUSTAVSEN; B. P. JELLE; L. YANG; T. GAO; Y. WANGF. Thermal conductivity of cement stabilized earth blocks. *Construction and Building Materials*. **151**, (2017) 504–511.
- [19] R. de C. FERREIRA; J. C. C. GOBO; A. H. N. CUNHA. Incorporação de casca de arroz e de braquiária e seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas de tijolos de solo-cimento. *Engenharia Agrícola Jaboticabal*. **28**, 1 (2008) 1-11.
- [20] M. L. PINHEIRO; R. de C. S. S. A. ALVARENGA; B. C. RIBEIRO; P. R. SILVA JÚNIOR; M. S. SARMET; D. P. FASSONI. Avaliação experimental de blocos prensados de solo-cimento com adição de *grits*. *Ambiente Construído*. **13**, 2 (2013)29-46.
- [21] G. FERRARI; J. JORGE. *Materiais e Tecnologias*. São Paulo: Universidade Bandeirantes. (2010) (Notas de aula). Disponível em: <<http://ebookbrowse.com/apostilaparte-1rev-materiais-pdf-d108975701>>. Acesso em: 20 nov. 2017

- [22] ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland . Dosagens das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio. São Paulo: ABCP. (2004) 63. (ET-35).
- [23] DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de pavimentação. Rio de Janeiro: IPR. (2006) 719.
- [24] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT. (2016).
- [25] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT. (2016).
- [26] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT. (2016).
- [27] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12023: Solo-cimento - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT. (2012).
- [28] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12024: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT. (2012).
- [29] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12025: Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos- Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT. (2012).
- [30] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: Tijolo de solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT. (2012).
- [31] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT. (2012).
- [32] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492: Tijolo de solo-cimento – Análise de dimensional, determinação da resistência a compressão e da absorção de água – Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT. (2012).
- [33] V. J. FERRARI; A. H. C. SOUZA; H. P. BALTAZAR; W. DOTTO; J. G. VIEIRA NETO. Tijolos vazados de solo-cimento produzidos com solo da Região do Arenito Caiuá do Paraná. *Ambiente Construído*. v. 14, n. 3, p. 131-148. (2014).
- [34] FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium (Lavras)*, **6**, (2008) 36-41.
- [35] CEPED – CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. Manual de construção com solo-cimento. Camaçari: CEPED/ABCP. (1984) 147.
- [36] PCA – Portland Cement Association. Soil-cement construction handbook. (1969) 42.
- [367] R. C. FERREIRA; W. J. FREIRE. Desempenho físico-mecânico de minipainéis de terra crua tratada com aditivos químicos. *Engenharia Agrícola Jaboticabal*. **25**, 3 (2005) 585-597.
- [38] T. V. LIMA; J. ALEXANDRE; M. G. ALVES. Estabilização de Solos argilosos para a produção de blocos ecológicos. *Revista Engenharia Civil*. 34 (2009) 15-26.
- [39] A. C. MARQUES; E. C. RICCI; A. P. M. TRIGO; J. L. AKASAKI. Resistência mecânica do concreto adicionado de borracha de pneu submetido à elevada temperatura. In: *Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural*, 32, Campinas, (2006), Anais..., Campinas: FAPESP.
- [40] D. ROMERO; J. JAMES; R. MORA; C. D. HAYS. Study on the mechanical and environmental properties of concrete containing cathode ray tube glass aggregate. *Waste Management*. **33** (2013) 1659–66.
- [40] A. C. MARQUES; E. C. RICCI; A. P. M. TRIGO; J. L. AKASAKI. Resistência mecânica do concreto adicionado de borracha de pneu submetido à elevada temperatura. In: *Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural*, 32, Campinas, (2006), Anais..., Campinas: FAPESP.
- [41] A. L. N. FERRAZ; A. A da S. SEGANTINI. Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento. In: *Encontro de Energia no Meio Rural*, 5., (2004), Anais..., Campinas: UNICAMP.
- [42] A. A. S. SEGANTINI; P. WADA. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. *Acta Scientiarum*. **33**, 2 (2001) 179-183.
- [43] S. D. D. BERTÉ; M. A. M. ALCANTARA. Estudo do comportamento do solo-cimento auto-adensável. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*. **7**, 2 (2013) 37-52.

NORMAS DA REVISTA

Norma do periódico utilizada para elaboração do artigo

Classificações de periódicos: Quadriênio 2013-2016

Título: Sustentabilidade em Debate

ISSN: 2177-7675

Área de Avaliação: Ciências Ambientais

Classificação: B1

Objetivo e Política Editorial

Cerâmica: publica trabalhos técnico científicos originais e artigos revisão de interesse na área de cerâmica, compreendendo abrasivos, biocerâmicas, cerâmicas avançadas, cerâmica branca, cerâmica de mesa, cerâmica eletroeletrônica, cerâmica estrutural, cerâmica magnética, cerâmica nuclear, cerâmica óptica, cerâmica química, cerâmica termomecânica, cerâmica vermelha, cimento, compósitos de matriz cerâmica, materiais refratários, materiais de revestimento, matérias primas, vidrados, vidros e vitrocerâmicas, análise microestrutural, ciência básica, arte cerâmica, instrumentação, processos de fabricação, síntese de pós, técnicas de caracterização etc.

Todas as contribuições são submetidas independentemente à análise por relator, pertencente ou não ao Conselho de Editores, no sistema de avaliação cego-simples (anonimato dos nomes dos relatores aos autores).

Os trabalhos técnicos publicados pela revista são de total responsabilidade dos autores. Artigos assinados não expressam necessariamente a opinião da revista ou da ABCeram.

Não é necessário ser sócio da ABCeram para submeter contribuições.

Não há taxa para submissão e avaliação de artigos.

PREPARAÇÃO DO MANUSCRITO

Encaminhamento de Contribuição

As contribuições devem ser submetidas por meio da URL:
<https://mc04.manuscriptcentral.com/ce-scielo>

Tipos de Contribuição

Trabalhos técnico-científicos originais e artigos de revisão. Todas as contribuições serão submetidas à análise por relatores no sistema de avaliação cego simples (a identidade do revisor é mantida no anonimato). Não é necessário ser sócio da ABCeram para submeter contribuições.

As contribuições devem:

- Ser redigidas com editor de texto MSWord (.doc ou .docx) em português ou inglês, em formato A4, em uma coluna com margens 1,5 cm acima e abaixo, 2,5 cm à esquerda e 1,5 cm à direita, espaço simples, com fonte Times New Roman 10, sem formatação especial.
- Ser submetida por meio da URL: <https://mc04.manuscriptcentral.com/ce-scielo>
- Artigos com resultados originais devem conter: título em português, título em inglês, nomes dos autores, afiliação, endereço, e-mail, resumo (máximo 150 palavras), palavras-chave (pelo menos duas), *abstract* (resumo em inglês, máximo 150 palavras), *keywords* (palavras-chave em inglês, pelo menos duas), texto na seguinte ordem: **Introdução** (objetivos devem ser inseridos no final desta seção); **Experimental** (ou Materiais e Métodos); **Resultados e Discussão** (ou Resultados, Discussão); **Conclusões** (devem ser sucintas; evitar assinalar referências nesta seção); Nomenclatura ou equivalente (se necessário); Agradecimentos (se necessário); Apêndices (se necessários); **Referências**. Não utilizar notas de rodapé.
- Artigos de revisão devem conter: título em português, título em inglês, nomes dos autores, afiliação, endereço, e-mail, resumo (máximo 150 palavras), palavras-chave (pelo menos duas), *abstract* (resumo em inglês, máximo 150 palavras), *keywords* (palavras-chave em inglês, pelo menos duas), texto na seguinte ordem: **Introdução** (objetivos devem ser inseridos no final desta seção); seções com subtítulos diversos; **Conclusões ou Comentários Finais** (devem ser sucintos; evitar assinalar referências nesta seção); Nomenclatura ou equivalente (se necessário); Agradecimentos (se necessário); Apêndices (se necessários); **Referências**. Não utilizar notas de rodapé.
- Ter as **TABELAS** numeradas sequencialmente com algarismos romanos, com legendas na parte superior em português e em inglês; *as tabelas devem ser preparadas com ferramenta do MSWord e inseridas no texto (tabelas não devem ter formatação especial, como cores e sombreamento) e devem ter preferencialmente três linhas horizontais, como no exemplo:*

Tabela I - Resultados de caracterização das amostras sinterizadas.

Table I - Characterization results for the sintered samples.

Amostra	Densidade relativa (%)	Resistência à Flexão (MPa)	Condutividade Térmica ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)
A	80,0 ± 0,7	153 ± 12	21,0 ± 0,3
B	95,5 ± 0,8	357 ± 17	77,7 ± 0,6
C	99,8 ± 0,9	366 ± 22	99,2 ± 0,9

- Ter as **FIGURAS** numeradas sequencialmente com algarismos arábicos, com legendas na parte inferior *em português e em inglês*. *As figuras devem ser preferencialmente inseridas no texto*. As figuras (gráficos, desenhos, fotos, micrografias) devem ter bom contraste e tamanhos de letras e números que permitam a leitura após redução (as figuras serão publicadas com largura de até 8 cm e, eventualmente, com até 16 cm).
- Apresentar **EQUAÇÕES**, indicadas por letras maiúsculas entre parênteses, como no exemplo:

$$\Theta(t, T) = \int_{t_0}^t \frac{1}{T} \exp\left(-\frac{Q}{kT}\right) dt \quad (\text{A})$$

- Ter as **REFERÊNCIAS** assinaladas sequencialmente no texto com algarismos arábicos, entre colchetes, e apresentadas no final da contribuição. Evitar citar nomes de autores no texto - basta assinalar o número (ex. [3]). As referências não devem ser “linkadas” (referência cruzada) ao texto. *Evitar referenciar sites, dissertações de mestrado e teses de doutorado.* Referenciar os periódicos em que os trabalhos de dissertação e tese foram publicados. *Expressões do tipo et al., e cols., e similares, não devem ser empregadas nas descrições das referências (incluir nomes de todos os autores).* Exemplos:

[1] R. Muccillo, E.N.S. Muccillo, J. Eur. Ceram. Soc. **34**, 4 (2014) 915.

[2] J.S. Reed, Principles of ceramics processing, John Wiley, New York, USA (1995) 254.

[3] M.A.F.N. Freitas, T.F. Silva, J.M. Assaf, R.H.G.A. Kiminami, Proc. 2nd Global Congress on Microwave Energy Applications, Eds. R.L. Schulz, D.C. Folz, Microwave Working Group, Long Beach, USA (2013) 451.

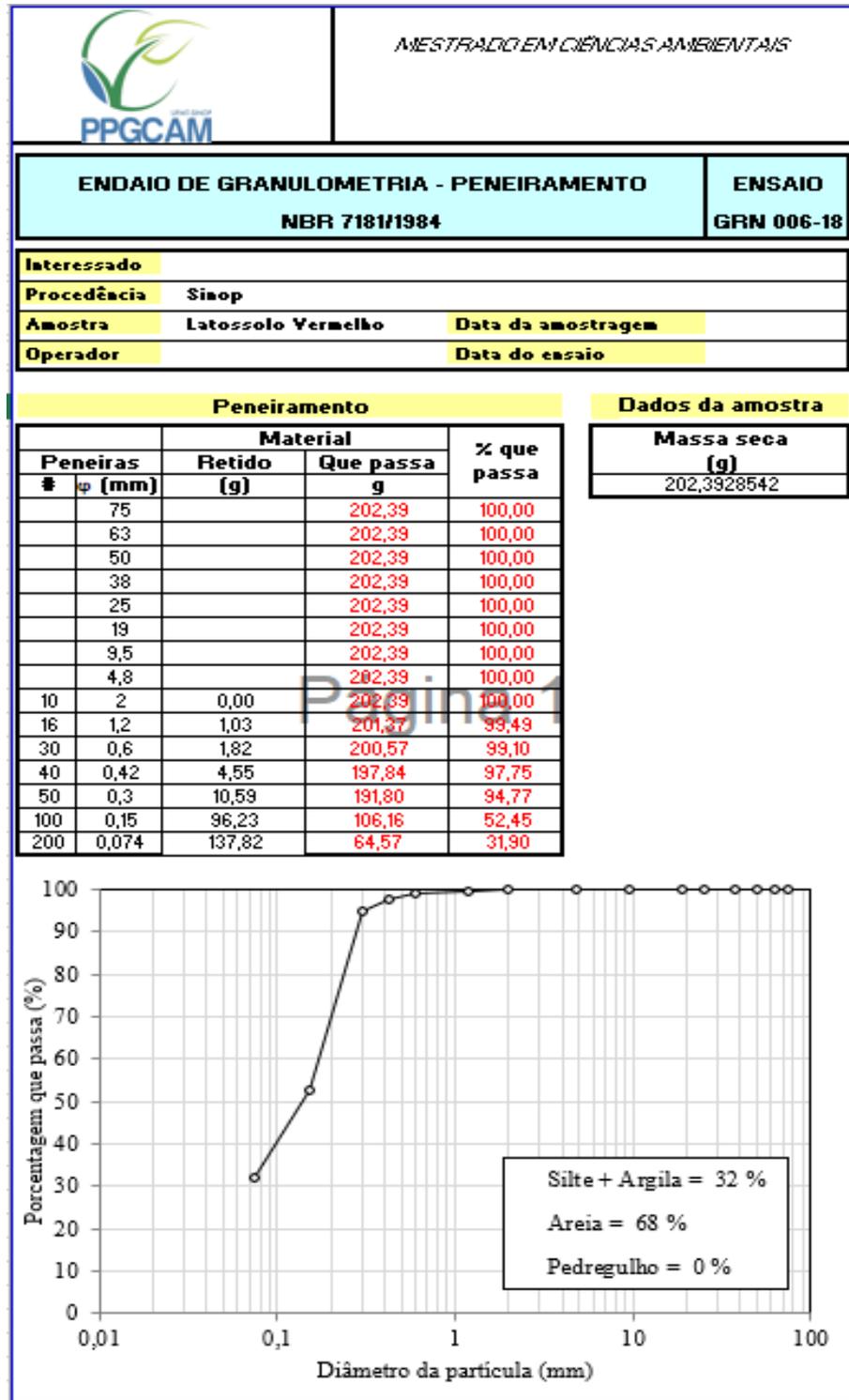
PLATAFORMA DE SUBMISSÕES

- Cadastrar individualmente todos os autores do artigo na plataforma ScholarOne (todos os autores devem dar anuência para submissão do artigo);
- Indicar pelo menos dois potenciais revisores do artigo, sem conflitos de interesse com os autores (por ex., sem relação familiar, de orientação ou participação em projetos ou publicações recentes, não ser da mesma instituição dos autores).

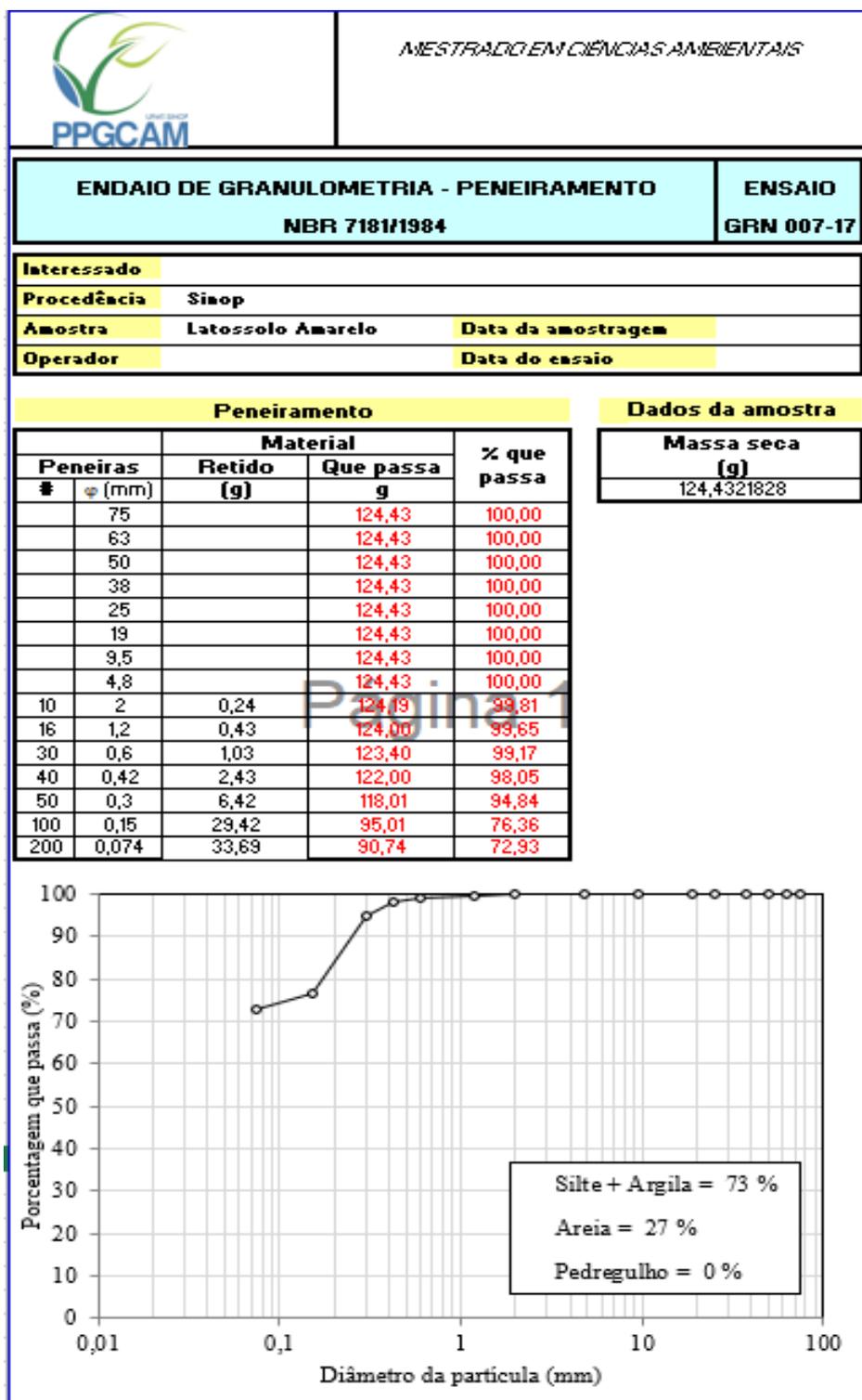
INTERNACIONALIZAÇÃO

Visando aumentar a internacionalização da revista, *artigos submetidos em inglês terão prioridade de publicação.*

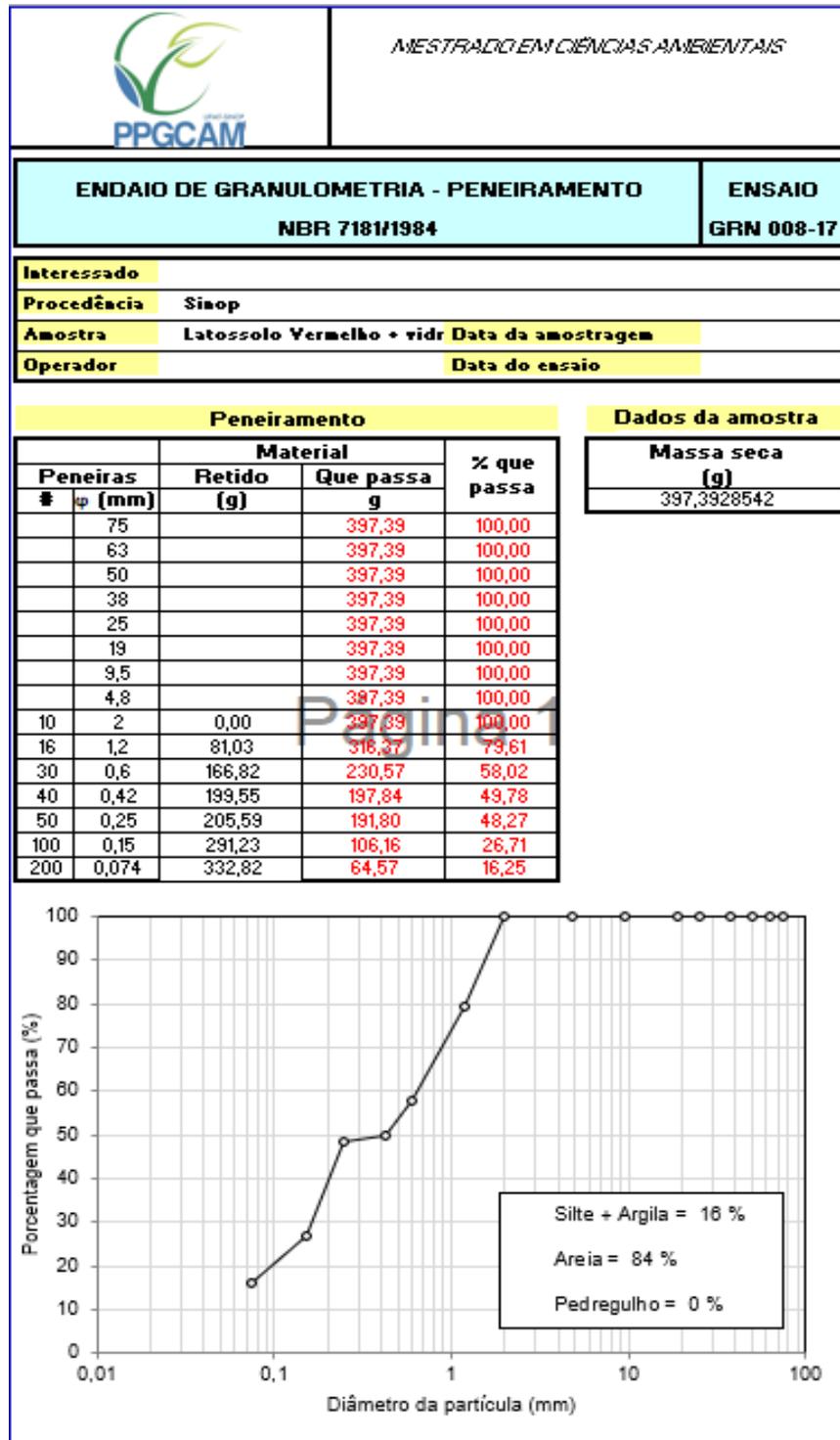
Apendices: Ensaios



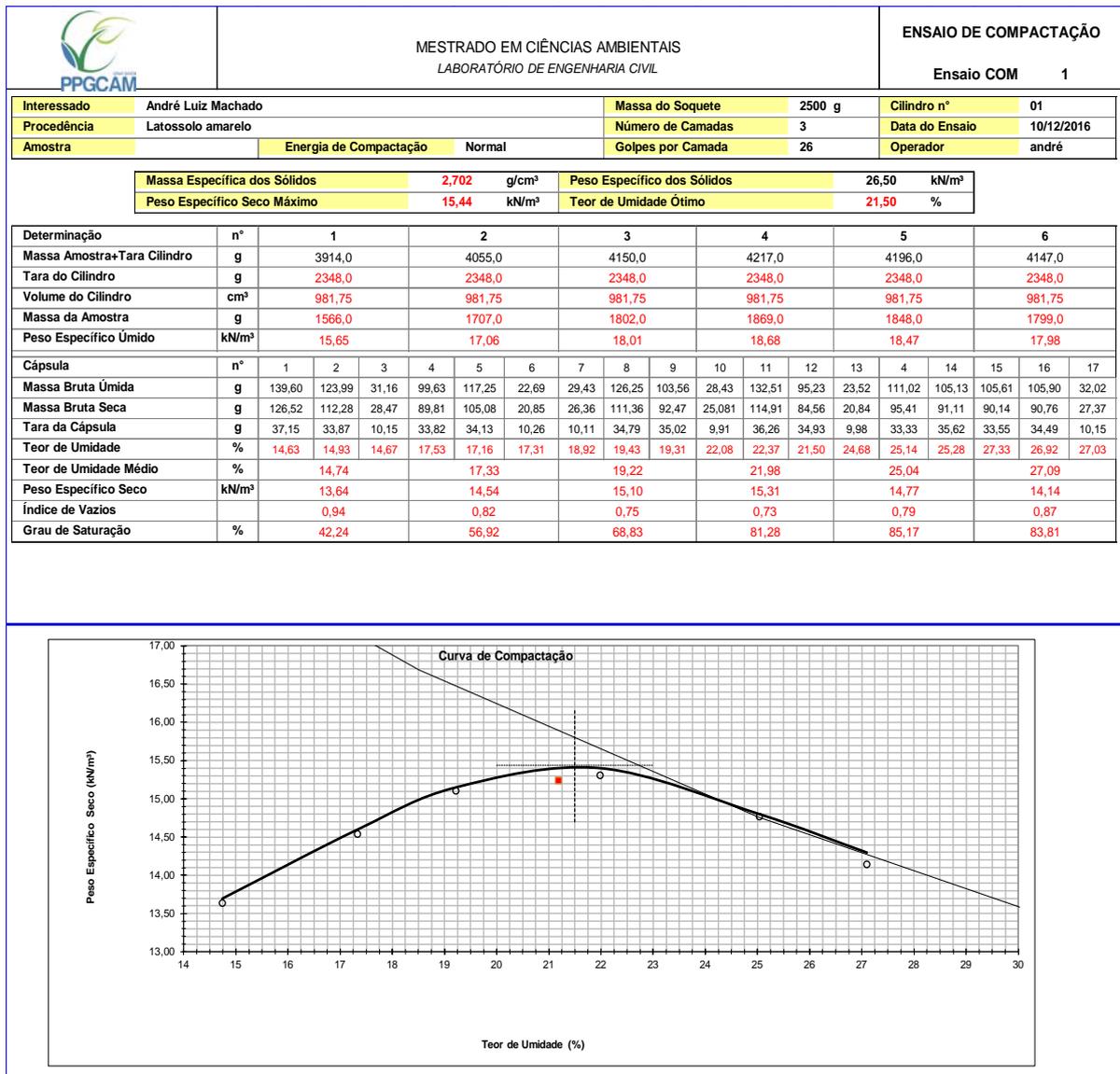
apêndice 1: curva granulométrica Latossolo Amarelo



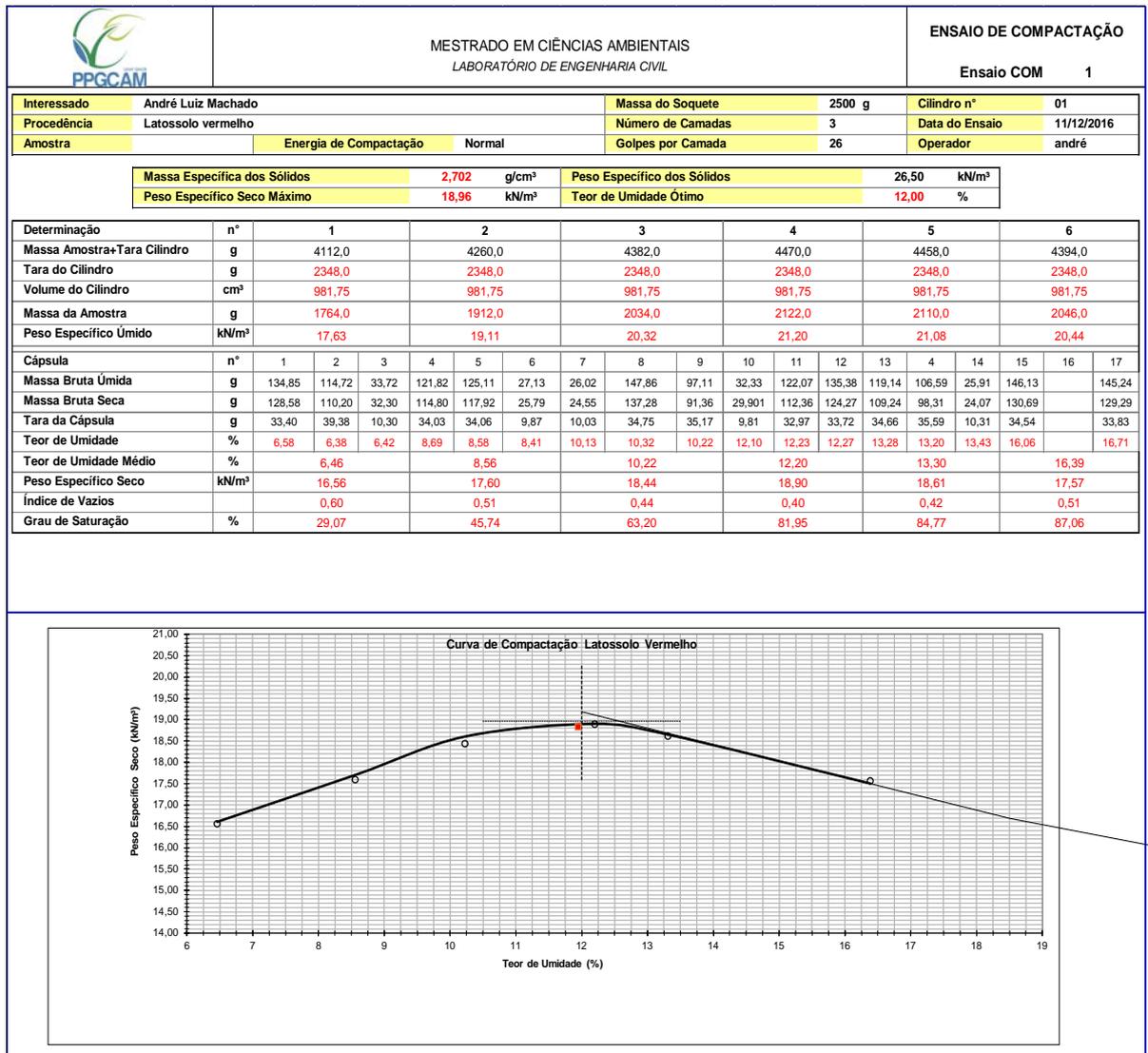
apêndice 2: curva granulométrica Latossolo Vermelho



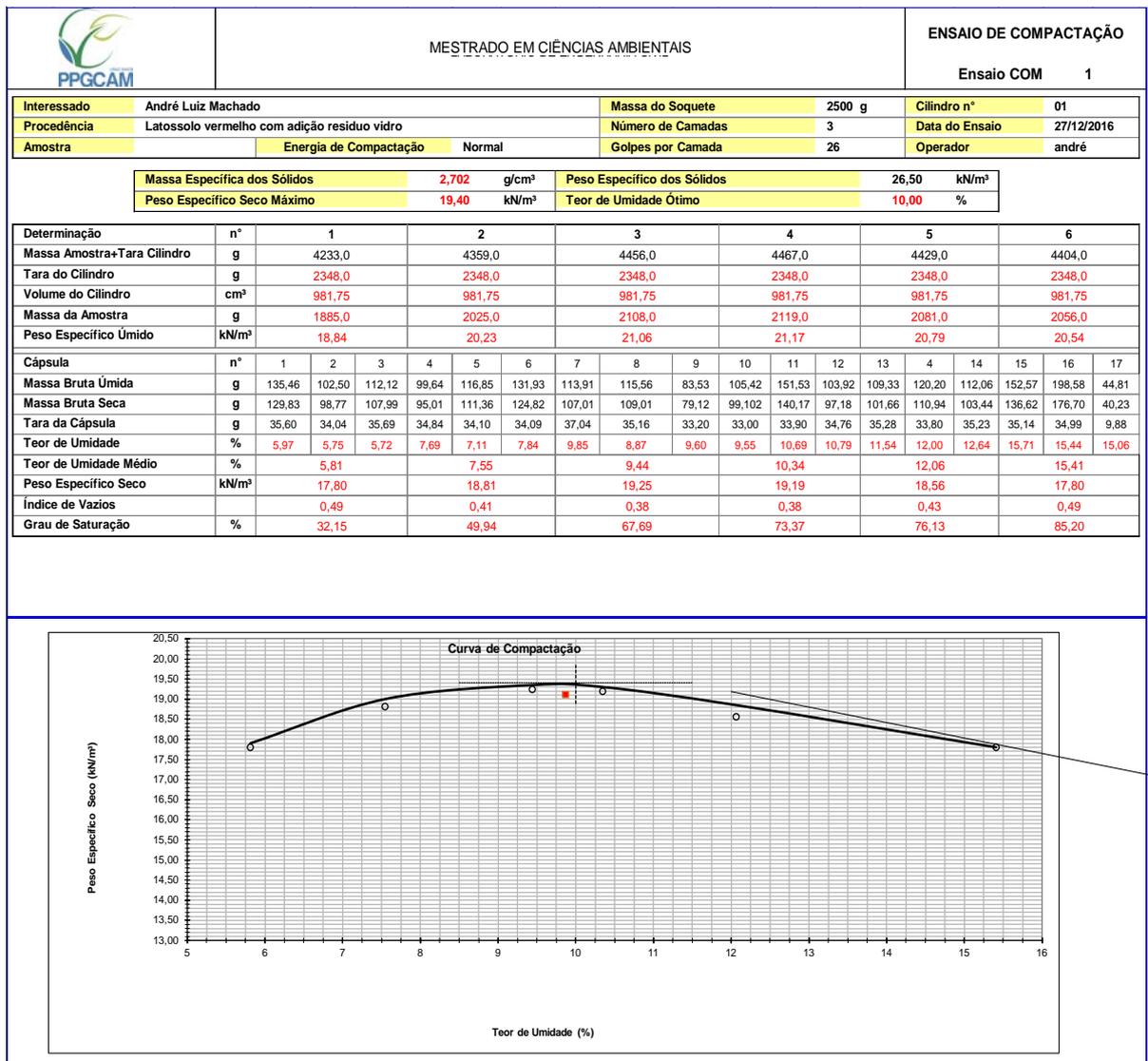
apêndice 3: curva granulométrica Latossolo Vermelho + resíduo vidro



apêndice 4: curva compactação Latossolo Amarelo



apêndice 5: curva compactação Latossolo Vermelho



apêndice 6: curva compactação Latossolo Vermelho adicionado de residuo vidro