

14º Congresso Nacional de
MEIO AMBIENTE

Poços de Caldas

26 a 29 SET 2017

www.meioambientepocos.com.br

FABRICAÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO CIMENTO COM AREIA DE FUNDIÇÃO – EXECUÇÃO DO ENSAIO 3

Carolina Pereira da Silva¹

Joice Andrade de Araújo²

Renata Leal Saldanha³

Tamiris Délis Batista Silverio⁴

Eixo Temático: Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Líquidos
Resultado de Pesquisa

Resumo

A preservação do meio ambiente e a geração de resíduos sólidos vêm sendo um dos maiores desafios do mundo atual. Os resíduos sólidos acabaram tornando-se um grande problema nas cidades com o seu descarte e manejo inadequado. O presente trabalho consiste em uma pesquisa experimental, cujo objetivo é verificar a viabilidade da utilização destes resíduos industriais na produção de tijolos ecológicos, como alternativa de reciclagem. Assim como, realizar os ensaios necessários para a verificação da viabilidade técnica, e da não geração de danos ao meio ambiente e a saúde da população. As contribuições da pesquisa permitem relacionar a tecnologia da fabricação de tijolos com o contexto de construção sustentável e o aproveitamento de resíduos industriais. Esta pesquisa analisa, por meio de uma metodologia experimental, vários aspectos de tijolos modulares.

Palavras Chave: Sustentabilidade; Tijolos; Resíduos.

INTRODUÇÃO

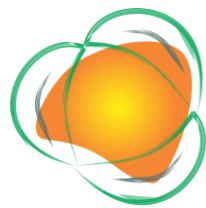
Na atual conjuntura socioeconômica, onde rápidas e intermitentes mudanças têm feito parte do crescente cotidiano inovador e tecnológico, a criação de novos materiais de construção tornou-se algo fundamental. A geração de novos produtos no mercado pode proporcionar uma redução de custo tanto na mão de obra quanto na elaboração do mesmo, fazendo com que o preço final do produto também se altere, ficando mais barato, além de melhorar suas aplicações e continuar atendendo as necessidades dos clientes.

¹ *Discente da UNIFOA, Avenida Paulo Erlei Alves Abrantes, 1325 – Três Poços, Volta Redonda (RJ), caroll.portugal@Hotmail.com*

² *Docente da UNIFOA, Avenida Paulo Erlei Alves Abrantes, 1325 – Três Poços, Volta Redonda (RJ), Joiceandrade_rj@hotmail.com*

³ *Discente da UNIFOA, Avenida Paulo Erlei Alves Abrantes, 1325 – Três Poços, Volta Redonda (RJ), renatalsaldanha@hotmail.com*

⁴ *Discente da UNIFOA, Avenida Paulo Erlei Alves Abrantes, 1325 – Três Poços, Volta Redonda (RJ), tamy.delis@Hotmail.com*



14º Congresso Nacional de

MEIO AMBIENTE

Poços de Caldas

26 a 29 SET 2017

www.meioambientepocos.com.br

De acordo com Matos e Schalch (1997), com o desenvolvimento industrial o processo de fundição acarretou inúmeros tipos de poluição através da fabricação de peças metálicas que consiste em difundir em moldes o metal líquido, com características específicas, elaboradas a base de areia. O processo inicia-se com argila, areia de retorno, areia base, e aditivos que são colocados no misturador para homogeneizar os componentes, no qual, são retirados como areia de moldagem para a confecção dos moldes.

A motivação para realização deste estudo ocorreu em virtude dos impactos ambientais causados por resíduos sólidos, adequando uma maneira de diminuir esse impacto a sociedade com a elaboração de um tijolo ecológico constituído de solo/cimento com areia de fundição, assim como, intervir na diminuição dos impactos, inclusive, a dimensão de agregar valor ao resíduo como um produto.

À luz da investigação científica, este projeto caracteriza-se como pesquisa básica, de abordagem qualitativa e quantitativa e cunho exploratório. O estudo em questão será apresentado de forma explicativa, onde segundo Gil (2002), a ocorrência dos fenômenos deve ser identificada e determinada por seus fatores contribuintes. Esse tipo de pesquisa explica a razão, o porquê das coisas, ou seja, aprofundando o conhecimento da realidade. O risco de cometer algum erro aumenta notavelmente já que é o tipo de pesquisa é mais complexo e delicado.

Quanto ao procedimento de execução, a pesquisa consiste em experimental e bibliográfica, o exemplo de pesquisa científica é melhor representado pelo experimento. Determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto, consistem nas características de pesquisa experimental. Já a pesquisa bibliográfica é constituída de livros e artigos científicos com base em um material já produzido.

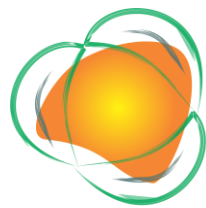
Dado o exposto, tem-se como objetivo comprovar a eficácia da inserção da areia de fundição na matriz dos tijolos ecológicos, quanto à sua resistência a compressão, acompanhando as exigências necessárias para a fabricação do mesmo, de acordo com as normas da ABNT.

AREIA DE FUNDIÇÃO

O processo básico de fundição se baseia em utilizar moldes feitos de areia, com o formato da peça desejada, e então um metal líquido é vazado para dentro do molde (MATOS; SCHALCH, 1997).

Na primeira fase do processo ocorre a confecção e preparação do molde, e em seguida a execução do balanceamento de alguns componentes para a aplicação específica do molde. Logo após, é colocada a argila, a areia de base, a areia de retorno, bem como os aditivos para aplicação específica. Tais componentes são misturados, e então se obtém a areia de moldagem. Essa areia é encaminhada para o preparo dos moldes *in loco*, no qual, estão localizados os machos conforme a figura 1 (MATOS; SCHALCH, 1997).

Machos são os modelos das partes vazias (ocas) das peças, devem ser feitos com material resistente o suficiente para suportar o processo de vazamento do metal fundido, porém devem ser quebráveis após o processo. Com a caixa de moldagem pronta, o metal fundido é vazado para dentro das caixas de moldagem. Logo a peça fica isolada do molde, após rápida transferência de calor entre metal e areia. A areia de moldagem retorna para o



14º Congresso Nacional de

MEIO AMBIENTE

Poços de Caldas

26 a 29 SET 2017

www.meioambientepocos.com.br

processo de preparação da areia de moldagem, e a peça metálica é enviada para controle de qualidade (MATOS; SCHALCH, 1997).

Essa areia pode ser reutilizada na fabricação de materiais como: asfalto, artefatos de concreto, cimento Portland agregados de construção, tijolos. Com o reuso dessa areia há uma diminuição nos resíduos sólidos gerados através do processo de fundição além de desenvolver um produto sustentável, que possui uma durabilidade maior, resistência elevada, fácil acabamento, obra mais limpa e sem entulhos (LEIDEL, 1996 apud MATOS; SCHALCH, 1997).

Em 1996, pesquisas sobre o custo da geração e disposição de resíduo já apontavam que no Brasil as indústrias de fundição estavam sendo afetadas economicamente (MARIOTO; BONIN, 1996 apud MATOS; SCHALCH, 1997).

Fato agravante a essa situação foi o aumento dos custos de disposição, carência de aterros adequados e as dificuldades em atender às exigências normativas e legais (MATOS; SCHALCH, 1997).

A areia de fundição é geralmente classificada como Resíduos Classe I (perigosos) e Resíduos Classe II A (não inertes). Ela também pode ser classificada quanto a sua composição química: Sílica, Cromita, Zirconita, Olivina e Chamote. No presente trabalho, a areia de fundição utilizada é a classificada como Cromita, essa areia é extremamente importantes em vários segmentos industriais, como por exemplo, na fabricação de vidros e na indústria de fundição.

SOLO

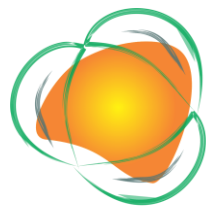
A formação dos solos é causada por diversos fatores. A superfície terrestre é continuamente atacada por água, agentes da atmosfera, precipitações, variações de temperatura, ventos e reações químicas. Através de um processo denominado por intemperismo que se inicia a formação dos solos (MIELI, 2009).

O intemperismo consiste na desagregação das rochas, podendo ser classificado como físico ou químico, havendo alteração na constituição da rocha matriz somente no processo químico. Segundo Mieli (2009), em regiões tropicais como no Brasil ocorre maior presença de intemperismo químico devido ao grande número de precipitações.

O solo é cortado em camadas de perfis ou perfis de intemperismo revelam diversas camadas, podendo ser classificadas em horizontes A, B e C, onde seu emprego para cada horizonte proporciona resultados distintos devido a peculiaridade e característica quanto a presença de determinados constituintes de influência, como a granulometria e os minerais (MIELI, 2009).

As rochas são agregados de minerais podendo ser classificadas em ígneas ou magmáticas, sedimentares e metamórficas conforme sua formação, contendo minerais essenciais que as definem. Esses minerais são definidos como substâncias que devem atender diversas características como estrutura atômica organizada, formação externa poliédrica, processo de formação natural e inorgânico, entre outras (TERZAGHI; PECK, 1961 apud GRANDE, 2003).

O solo pode ser definido como partículas sólidas provenientes do intemperismo, sendo então classificado como estrutura porosa que possibilita movimentação livre dessas partículas entre si e conforme essa movimentação obtém-se mudanças em seu comportamento (MIELI, 2009).



14º Congresso Nacional de

MEIO AMBIENTE

Poços de Caldas

26 a 29 SET 2017

www.meioambientepocos.com.br

CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland possui propriedades aglomerantes, ligantes ou aglutinantes, que juntamente com a ação da água ocorre o seu endurecimento. Quando misturado com outros materiais de construção como a pedra britada, areia, cal, pó de pedra resulta nos concretos e argamassas (ABCP, 2002).

A fabricação é dividida pelas seguintes fases, extração da matéria-prima, britagem, pré-homogeneização primária e secundária, moagem e homogeneização, pré-aquecimento, pré-calcinação, clínquerização, adição e moagem do clínquer e expedição (ABCP, 2002).

Hoje existem no mercado diferentes tipos de Cimento Portland, alguns possuem certas características e propriedades tornando-se mais adequados para determinados usos. O Cimentos Portland é classificado em simples e compostos, os simples subdividem-se em CP comum ou com adição e os compostos em CP composto com escoria, composto com pozolana e composto de fíler, e existem ainda CP de alto forno, pozolânico, de alta resistência inicial, de baixo calor de hidratação, resistente aos sulfatos, branco e para poços petrolíferos (ABCP, 2002). No presente trabalho foi utilizado o Cimento Portland composto, usou-se o CPIII 40 RS, pois possui propriedades satisfatórias para confecção do solo-cimento.

TIJOLO DE SOLO CIMENTO

A qualidade do tijolo, que passa pelo processo de estabilização do solo-cimento envolve muitas variáveis, cuja complexidade no tratamento depende de muito conhecimento e controle tecnológico, fato que talvez tenha influenciado na opinião pública (GRANDE, 2003).

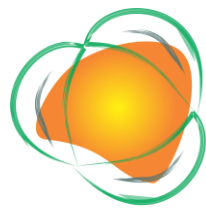
A qualidade do solo escolhido é primordial para o sucesso na obtenção de um tijolo de solo-cimento com qualidades aceitáveis. Ainda após a estabilização do material, pode-se observar defeitos; fissuras, variações volumétricas, heterogeneidade das características e propriedades, degradação precoce do material. As causas dos problemas comuns podem estar ligadas às reações dos aditivos com a água, presença de sais e matéria orgânica, partículas de mica e feldspato (GRANDE, 2003).

Uma vantagem ambiental em relação à produção dos tijolos é a ausência de queima (economia de energia), além da possibilidade de inserir aditivos na sua estrutura agregando rejeitos de diversas fontes (GRANDE, 2003). No caso da presente pesquisa esses aditivos seriam as areias de fundição.

Em relação ao uso os tijolos podem ser empregados como qualquer outra alvenaria, seja estrutura ou de vedação, desde que atendentes à especificação de resistências estabelecidas em projeto. Paredes feitas com tijolos solo-cimento têm inclusive durabilidade e comportamento de resistividade e isolamento térmicos semelhantes à de blocos cerâmicos (GRANDE, 2003).

São quatro as etapas principais da fabricação do tijolo tipo solo-cimento: Primeiro a preparação do solo (destorroar e peneirar a seco); logo em seguida o preparo da mistura que consiste em adicionar cimento e misturar, seguido de adição água uniformizando a umidade do solo com mais mistura; em terceiro passo a própria moldagem dos tijolos sempre compactando bem ou conforme prensa; em quarto lugar faz-se a cura e o armazenamento por sete dias sempre mantendo os tijolos úmidos (GRANDE, 2003).

QUALIDADE DO SOLO CIMENTO



14º Congresso Nacional de

MEIO AMBIENTE

Poços de Caldas

26 a 29 SET 2017

www.meioambientepocos.com.br

A qualidade do solo-cimento está atrelada a diversos fatores, dos quais os principais podem se enquadrar, a compactação da mistura, o método usado na mistura, o tipo de solo empregado e o teor de cimento usado. Desses fatores o mais influente na adequação da mistura é o solo (GRANDE, 2003).

A porcentagem máxima para viabilidade econômica da mistura do solo com cimento é de 50% de finos, o que traduz a grande influência da granulometria no processo. Em pesquisa foram encontradas afirmações distintas quanto à influência da matéria orgânica no resultado final do tratamento do solo com cimento ou não (GRANDE, 2003).

Isso porque foram observados resultados positivos com alto teor de matéria orgânica, e também com o inverso. Posteriormente descobriu-se que o excesso de Cal de alguns tipos de cimento, pode neutralizar os efeitos negativos dos açúcares e do ácido húmico através de uma correção no pH, visto que são os principais agentes negativos da estabilização na presença de matéria orgânica (CLARE, 1954 *apud* GRANDE, 2003).

Logo, se destaca um limite ideal máximo de 2% para as concentrações de matéria orgânica, para que se obtenha sucesso na mistura solo-cimento (GRANDE, 2003).

Uma evidência interessante de que a mistura é fator influente na resistência e durabilidade, é que a variação de resistência pode ser de até 50% quando o solo-cimento fabricado para pavimentação é misturado em laboratório e no campo (GRANDE, 2003).

Existe uma sequência estabelecida pela ABCP (1985) para a mistura de solo-cimento na produção de tijolos e blocos. Primeiro deve-se preparar o solo destorroando, pulverizando e peneirando. Depois a mistura é preparada adicionando cimento e homogeneizando a seco e a úmido. A moldagem que é o processo final, é o uso efetivo da mistura nos moldes que darão forma aos tijolos.

A preocupação para que o material atinja um peso específico satisfatório é fundamental, para isso faz-se uso de uma boa compactação. Isso vai lhe conferir a resistência mecânica apropriada que se deseja atingir para o fim escolhido (GRANDE, 2003).

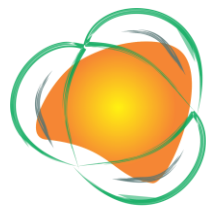
Grande (2003), afirma que para estabilizar o solo-cimento, o conceito de relação entre água e cimento é diferente da utilizada em tecnologias de concreto.

Todas essas afirmações nos levam a concluir que o teor de umidade e compactação do solo deve ser cuidadosamente observado na confecção de tijolos solo-cimento, o que leva também Grande (2003), a afirmar que a umidade ótima de compactação é suficiente para hidratar o cimento, desde que levado em consideração a boa homogeneização da mistura, fazendo com que o último entre em contato suficiente com a água.

METODOLOGIA

A preparação das amostras seguiu aos padrões estabelecidos pela NBR 6457:1986. Inicialmente os materiais foram secos, em seguida, os grãos foram destorroados e homogeneizados. Foram realizados ensaios granulométricos do solo de acordo com a ABNT-NBR 10833:2012, na qual, apresenta as características granulométricas necessárias do solo, para que este possa ser empregado na confecção do solo-cimento com melhor desempenho no consumo de cimento Portland. De forma a executar a análise, os procedimentos adotados seguiram as prescrições da ABNT-NBR 7181:1984 e da NBR 6457:1986 pelo método das peneiras de malha ASTM #10, #20, #30, #40, #50, #100 e #200.

A determinação do Ph possibilita avaliar o grau de alcalinidade ou acidez do solo analisado. O ensaio realizado para a determinação do Ph é relevante, pois quanto mais ácido



14º Congresso Nacional de

MEIO AMBIENTE

Poços de Caldas

26 a 29 SET 2017

www.meioambientepocos.com.br

for o solo, mais aditivos serão necessários para sua estabilização (MIELI, 2009). O ensaio da determinação do Ph, realizado em laboratório determina o Ph dos materiais pré-cursors. Para este ensaio foram utilizadas as peneiras de malha ASTM #10 e #20. Após separado uma certa quantidade de solo seco foi adicionado o material na peneira e levado ao agitador por 15 minutos. O material retido na peneira de malha #20 foi separado, em seguida, adicionou-se água destilada em um Becker junto com a quantidade de solo retido e a mistura foi levada a uma agitação por 30 minutos com rotação de 250rpm. Depois de 30 minutos, por meio do potenciômetro de bancada foi determinado o ph do solo (PORRAS, 2007 apud MACHADO; ARAÚJO, 2014).

A massa unitária determina a relação entre a massa adicionada a um recipiente e o volume desse recipiente (MARCONDES, 2009).

Para este trabalho o ensaio de massa unitária foi realizado em laboratório para a determinação do índice de volume de vazios e para este ensaio foi confeccionado um recipiente com a capacidade de 3 litros. Com o recipiente em mãos foi feita a pesagem deste vazio, e em seguida realizou-se a pesagem novamente com o recipiente cheio, conforme a figura 26. Após finalizado as pesagens calculou-se a diferença.

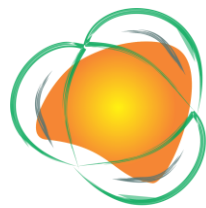
O limite de liquidez é definido como o teor de umidade, no qual, após o impacto de 25 golpes com o parelho Casagrande o solo fecha a ranhura. O solo se comporta como um material plástico, ocorrendo à transição entre os estados líquido e plástico. O processo experimental foi realizado de acordo com as exigências da NBR 6459:1984, em que, retrata o método padronizado por Arthur Casagrande para determinação do limite de liquidez do solo. Em prática, foi adicionado uma amostra do solo já preparado de acordo com a NBR 6457:1986 em um recipiente de porcelana, foi adicionada água até a amostra se homogeneizar.

A amostra foi transferida para a concha do aparelho Casagrande, conforme a figura 27 e com uma espátula alisou-se o solo retirando o excesso. Com o auxílio de um cinzel executou-se uma ranhura no solo, depois de feito a ranhura girou-se a manivela com uma velocidade constante contando o número de golpes necessários para o fechamento da ranhura. No local onde ocorreu o fechamento da ranhura foi coletado a amostra de solo e este material foi depositado em uma cápsula para não perder a umidade, o conjunto foi pesado após 24 horas para a determinação da umidade.

O limite de plasticidade é conceituado como o teor de umidade em que o solo deixa seu estado plástico e passa para o estado semi-sólido. É a condição que uma amostra de solo no estado plástico começa a se fragmentar ao ser moldada na forma de um cilindro de 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento com o movimento de rolamento (ALMEIDA, 2004).

O procedimento experimental foi realizado de acordo com as exigências da NBR 7180:1984, em que, retrata o método para determinar o limite de plasticidade do solo. Em prática, previamente foi adicionado uma amostra do solo já preparado de acordo com a NBR 6457:1986 no recipiente de porcelana e foi adicionado água destilada até a amostra se homogeneizar.

Após a homogeneização, utilizou-se uma pequena quantidade deste solo, que foi moldada em forma de um cilindro sobre uma placa de vidro. O movimento de rolamento para a moldagem foi feito até o momento em que esta amostra cilíndrica fissurou-se em pequenos fragmentos, após atingir as dimensões de 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento de acordo com o gabarito. Os fragmentos fissurados foram coletados e transferidos para



14º Congresso Nacional de

MEIO AMBIENTE

Poços de Caldas

26 a 29 SET 2017

www.meioambientepocos.com.br

cápsulas, logo foi necessário fazer a pesagem do conjunto e levá-lo a estufa por 24 horas, como exposto na figura 28 (ALMEIDA, 2004).

O ensaio de retração tem por finalidade identificar a presença de argilas expansivas que podem comprometer o comportamento do material a ser analisado, causando fissuras e trincas devido a sua capacidade de absorção de água (FERRAZ; SEGANTINI; WADA, 2004). Para a execução do mesmo foi construída uma caixa com dimensões de 60 cm de comprimento, 8,5 cm de largura e 3,5 cm de altura, na qual, foi colocada a amostra de solo umedecida até atingir uma consistência plástica. Após o preenchimento manual do solo em toda caixa, o material fica em repouso à sombra durante o período de 7 dias, logo após esse período fez-se a medição no sentido de comprimento da caixa a medida,

CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

A produção dos corpos de prova iniciou - se com a preparação da mistura, logo depois realizou-se uma mistura íntima feita a mão com os materiais secos adicionando-se água e, em seguida, o teste de torrão até atingir a umidade ideal.

O teste do torrão, designa-se em confeccionar um bolo de solo na mão e apertar essa porção da mistura nas mãos energicamente, entre os dedos e a palma mão, o torrão deverá ter a marca deixada pelos dedos com nitidez e não poderá se esfarelar com facilidade. Os corpos de prova utilizados possuíam dimensões de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro. Os traços foram designados como A0, A1 e A2, no qual, foram utilizados 90% de solo e 10% de cimento para o traço A0, 80% de solo, 10% cimento e 10% de areia para o traço A1 e 70% de solo 20% de areia e 10% de cimento para o traço A2. Após a compactação e moldagem, os corpos de prova foram encaminhados para cura.

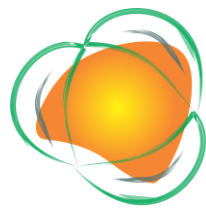
A compactação do solo é um processo pelo qual, suas partículas agrupam-se mais estreitamente, por meio da diminuição de vazios de ar. Um princípio fundamental da mecânica dos solos estabelece que o teor de umidade no momento da compactação é resultante da densidade de um solo compactado. A chamada umidade ótima é atingida quando se adiciona água ao solo, esse processo possibilita que a sua densidade aparente aumente até um certo ponto. Ao se acrescentar teores acima do ótimo a densidade reduz, pois, parte da energia de compactação é redistribuída ao sistema o que faz as partículas sólidas se afastarem com o excesso de água (MIELI, 2009).

Os solos com granulometria desuniformes são ideais, pois os espaços vazios formados pelos grãos maiores são preenchidos pelos grãos menores, pode-se acrescentar outros tipos de solo, para corrigir, quando a granulometria não é adequada (MIELI, 2009).

O solo compactado adquire um novo aspecto, o que afeta consideravelmente suas características mecânicas. As propriedades físico - mecânicas (absorção de água, resistência à compressão e durabilidade) estão profundamente relacionadas a cura (temperatura e umidade) e a compactação, por isso, deve-se realizar um boa compactação com uma umidade ótima (MIELI, 2009).

O solo preparado com os respectivos traços A0, A1 e A2 foram compactados nos moldes cilíndricos com o auxílio de um soquete, conforme a NBR 7182:1986 e foram utilizados 27 moldes para cada ensaio.

Os tijolos ecológicos adquirem resistência mecânica através da cura. De acordo com Bauer (1994), os tijolos devem ser molhados continuamente, mantendo-se úmidos. A peças devem ser separadas e colocadas em uma superfície horizontal, longe do sol e da chuva. Para



14º Congresso Nacional de

MEIO AMBIENTE

Poços de Caldas

26 a 29 SET 2017

www.meioambientepocos.com.br

que a água de amassamento e hidratação do tijolo não se dissipe é realizado o processo de cura, é necessário manter a temperatura do material para que o mesmo atinja o nível de resistência esperado (RIBEIRO, 2013).

Foi utilizado a cura por imersão, na qual, os corpos de prova ficaram 24 horas nos moldes em temperatura ambiente, após 24 horas os corpos de prova foram retirados dos moldes e separados por A0, A1 e A2, em seguida, foram colocados em um recipiente com água e permaneceram imersos por 5 minutos, após esses 5 minutos foram retirados do recipiente e lacrados com plástico para então se realizar o ensaio de compressão.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A norma utilizada para o ensaio de compressão foi a NBR 12025:1990. A prensa manuseada para o ensaio é uma prensa hidráulica conforme expõe a figura 33, da marca EMIC com capacidade máxima total de 100.000 kgf e de modelo PC100C. O ensaio foi realizado no laboratório de materiais de construção da UniFOA. Foi realizado o ensaio de compressão a partir do 14º dia, após a cura, foi desprezado o teste com 7 dias pois a resistência nesse período seria muito baixa, no qual, 3 tijolos de cada traço foi empregado para a análise.

Para cada tijolo foi calculado um resultado, dividindo-se a carga de ruptura pela área da seção transversal do mesmo, que no presente trabalho é de 19,63 cm² e será exposto mais adiante nos resultados e discussões.

Os valores médios da resistência à compressão devem ser $\geq 2,0$ Mpa, e os de absorção de água $\leq 20\%$. Ainda assim, os valores individuais de cada tijolo devem respeitar o valor $\geq 1,7$ Mpa para resistência e $\leq 22\%$ para absorção de água segundo a NBR 10834:1994.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos e, conforme a classificação dos solos, constatou-se que 29,52% do solo ficou retido entre 2,0 mm e 0,60 mm classificando-se como areia grossa, 23,33% do solo ficou retido entre 0,60 mm a 0,20 mm classificando-se como areia média, 8,74% do solo ficou retido entre 0,2 mm a 0,06mm classificando-se como areia fina e 1,07% do solo ficou retido no fundo, passante na peneira 0,075 mm, classificando-se como silte. Foi constatado que o solo em questão se encontrava apto para a confecção dos tijolos devido sua classificação ter sido evidenciada majoritariamente como areia média a grossa.

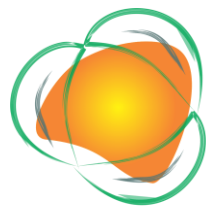
O valor do Ph foi determinado de acordo com o ensaio de determinação de Ph e o resultado obtido foi de 6,47, ou seja, o Ph do solo é levemente ácido.

A massa unitária foi determinada e o resultado encontrado foi de 1,04g/cm³.

O limite de liquidez foi realizado de acordo com a NBR 6459:1984. O ensaio apresentou o limite de liquidez igual 40%.

O limite de plasticidade foi executado conforme a NBR 7180:1984. O resultado atingido para o limite de plasticidade foi igual a 22,44%.

Já para a areia de fundição os resultados foram os seguintes; 41,55% da areia ficou retida entre 2,0 mm e 0,60 mm classificando-se como areia grossa, 17,33% ficou retida entre 0,60 mm a 0,20 mm classificando-se como areia média, 7,11% ficou retida entre 0,2 mm a 0,06mm classificando-se como areia fina e 0,67% ficou retida no fundo, passante na peneira 0,075 mm, classificando-se como silte. Foi constatado que o solo em questão se encontrava



apto para a confecção dos tijolos devido sua classificação ter sido evidenciada majoritariamente como areia média a grossa.

O valor do Ph foi determinado de acordo com o ensaio e o resultado do Ph obtido de foi de 7,48, ou seja, o Ph da areia de fundição é de neutro para básico.

A massa unitária foi determinada conforme o método citado no item 3.3.1-c, o resultado encontrado foi de 1,56 g/cm³.

No ensaio de retração foram obtidos os seguintes valores; 58,89 mm para o solo puro, 18,31 mm para o traço A0, 19,95 mm para o traço A1 e 15,30 mm para o traço A2.

Para que a confecção de tijolo de solo/ cimento seja viável, as fendas existentes entre o solo e as paredes da caixa devem ser inferior a 20 mm e o solo não deve apresentar nenhuma fenda transversal. De acordo com resultados obtidos, o traço Solo puro não seria apropriado para a confecção dos tijolos. No entanto os traços A0, A1 e A2 seriam apropriados para a confecção dos tijolos.

RESULTADOS DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Com base nos resultados, o menor valor foi obtido pelo traço A2 que rompeu com uma carga de 1,87 KN obtendo uma resistência de 0,95 Mpa aos 14 dias.

O traço A0 foi o único que obteve uma queda em sua variação sendo nos primeiros 14 dias uma resistência de 4,0 Mpa, em seguida, aos 21 dias passou para uma resistência de 5,47 Mpa e aos 28 dias essa resistência diminuiu encerrando com 5,27 Mpa. O traço A2 obteve menor resistência aos 14 dias, porém houve um aumento da resistência até completar os 28 dias.

Os traços A1 e A2 obtiveram as resistências mais baixas mas aos 28 dias todos os traços obtiveram valores maiores que 2 Mpa. O traço A0, obteve o melhor resultado devido a compactação, já os traços A1 e A2 tiveram resistências inferiores devido a uma ferramenta utilizada para compactação destes traços, que pode ter influenciado nos resultados.

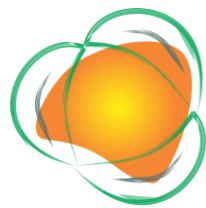
RESULTADOS DO ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Para a realização do ensaio de absorção de água, foi utilizado dois corpos de prova, cada um correspondendo a um tipo de traço. As amostras foram secas em estufa, em 105°, depois pesadas adquirindo-se a massa M¹. Após realizado as pesagens, as amostras foram imersas em um recipiente com água por 24 horas. Depois de 24 horas as amostras foram retiradas da água e enxugadas superficialmente e pesadas, resultando assim a massa das amostras saturadas M².

O traço A0 obteve uma absorção de água de 7,63%, o traço A1 obteve 6,73% de absorção de água e o traço A2, 7,10%.

O valor médio de absorção de água deve ser $\leq 20\%$ e para os valores individuais deve ser $\leq 22\%$ segundo a NBR 10834:1994. Para este ensaio foi utilizado corpos de prova com as dimensões de 10 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento. De acordo com os resultados obtidos, foi analisado que todos os traços atenderam o valor individual estabelecido pela NBR 10834/94, ou seja, houve uma compactação correta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS



14º Congresso Nacional de

MEIO AMBIENTE

Poços de Caldas

26 a 29 SET 2017

www.meioambientepocos.com.br

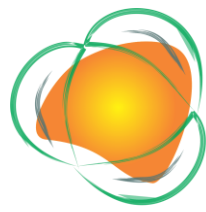
De acordo com o que foi exposto inicialmente neste trabalho, os objetivos desta pesquisa é analisar a viabilidade do tijolo de solo/cimento e sua relação com questões de sustentabilidade na construção civil. Toda pesquisa experimental deve seguir os preceitos estabelecidos pela norma para a sua execução, porém na sua execução, pode ocorrer fatores que intervêm no seu desenvolvimento e acabam por influenciar nos resultados finais.

No presente trabalho, ocorreram variações das resistências nos diferentes traços, fato que pode ter sido influenciado pelo procedimento de cura utilizado, compactação que, é um fator que influencia bastante, visto que os corpos de prova devem receber a mesma força, e até mesmo a umidade do ar pode influenciar.

Mesmo com variações nos resultados, os tijolos de solo/cimento com areia de fundição estão aptos para serem utilizados, pois obtiveram resistências acima de 2 Mpa que de acordo com a NBR 12025:1990 preconiza para valores médios no mínimo igual a 2 Mpa.

REFERÊNCIAS

- ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia Básico de Utilização do Cimento Portland**. 7 Edição. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/wp-content/uploads/2016/05/BT106_2003.pdf> Acesso em: 25 out 2016.
- ALMEIDA, Gil Carvalho Paulo. **Caracterização Física e Classificação dos Solos**. Disponível em: <http://ufrrj.br/institutos/it/deng/rosane/downloads/material%20de%20apoio/APOSTILA_SOLOS.pdf> Acesso em: 29 jan. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com a utilização de prensa hidráulica. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Preparação das amostras de Solo e ensaio de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Determinação do Limite de Liqueidez de Solos. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Determinação do Limite de Plasticidade de Solo. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12025**: Solo cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10834**: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro, 1994.
- FERRAZ, André Luiz Nonato; SEGANTINI, Antônio Anderson da Silva. **Engenharia Sustentável: Aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento**. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022004000100052&script=sci_arctext> Acesso em: 20 out 2016.
- FERRAZ, André Luiz Nonato; SEGANTINI, Antônio Anderson da Silva. **Engenharia Sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento**. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022004000100052&script=sci_arctext>. Acesso em: 20 out 2016.
- GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. Disponível em: <<http://www.maquinasfix.com.br/imglayout/pdf/tese-solo-cimento.pdf>> Acesso em: 24 out. 2016.
- GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- MACHADO, Amanda Ozório; ARAÚJO, Joice Andrade de. **Avaliação de Tijolos Ecológicos Compostos por Lodo de Eta e Resíduos da Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/41220411.pdf>> Acesso em: 19 mar. 2017.



14º Congresso Nacional de

MEIO AMBIENTE

Poços de Caldas

26 a 29 SET 2017

www.meioambientepocos.com.br

MARCONDES, Carlos Gustavo. **Peso, massa ou densidade?**. Disponível em: <

<http://www.cimentoitambe.com.br/peso-massa-ou-densidade/>> Acesso em: 12 mar. 2017.

MATOS, Stelvia Vigolvin; SCHALCH, Valdir. **Alternativas de Minimização de resíduos da Indústria de Fundição**. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/fundicao.pdf>>.

Acesso em: 15 ago. 2016.

MIELI, Priscilla Henriques. **Avaliação do tijolo modular de solo – cimento como material na construção civil**. Disponível

em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003721.pdf>> Acesso em: 19 out. 2016.

RIBEIRO, Lincoln Ronyere Cavalcante. **Processo de produção e viabilidade do tijolo modular de solo-cimento na construção civil no estado do RN**. Disponível

em: <<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/270/TCC%20-%20BCT/TCC-%20LINCOLN%20RONYERE%20CAVALCANTE%20RIBEIRO.pdf>> Acesso em: 24 out. 2016.