

Desenvolvimento da mistura solo cimento com substituição de 5 e 10 por cento de solo com isopor

Development of the blend cement soil with replacement of 5 and 10 percent of soil with Styrofoam

Desarrollo de la mezcla suelo cemento con sustitución de 5 y 10 por ciento de suelo con isopor

Felipe Reis Rodrigues

Engenheiro Civil, Araçatuba, Brasil
rodrigues.eng.ata@hotmail.com

Wesley Cândido da Silva

Engenheiro Civil, Araçatuba, Brasil.
wesley_wcs@hotmail.com

Leonan Gustavo Vieira de Barros

Engenheiro Civil, Araçatuba, Brasil.
leonan_gustavo@hotmail.com

Marco Antônio de Moraes Alcântara

Professor Doutor Eng. Civil, UNESP, Brasil
alcantar@dec.feis.unesp.br

RESUMO

Este artigo traz uma pesquisa do solo-cimento com substituição parcial de solo por isopor em flocos. A mistura é composta de solo, cimento, areia, isopor, superplastificante e água. Foi realizada uma mistura sem substituição, com substituição de 5% e 10% de isopor. Utilizando-se da norma técnica de solo-cimento e baseando-se na norma de concreto auto adensável, se efetuou os ensaios com o solo-cimento no estado fresco, sendo eles, ensaio de segregação por peneiramento, ensaio de abatimento de Abrams e ensaio do Funil, e ensaios no estado endurecido, sendo, ensaio de compressão axial e diametral, ensaio de absorção de água. Percebe-se que quanto mais se substitui solo por isopor mais o material sofre segregação, o isopor em flocos cria vazios dentro do produto final, alcançando resultados não muito satisfatórios na resistência a compressão diametral. Porém a pesquisa não se encerra por aí, observa-se que a mistura teve um bom desempenho com a substituição de 5%, esses resultados levantam a hipótese de se trabalhar com o traço inicial e apenas adicionar isopor, ou chegar a um valor adequado em que o isopor trabalhe a leveza do material sem alterar a resistência.

PALAVRAS-CHAVE: Solo-Cimento, Auto-Adensável, Isopor.

ABSTRACT

This article presents a soil-cement research with replacement of the soil partial by styrofoam in flakes. The mixture is composed of soil, cement, sand, styrofoam, superplasticizer and water. A blend was made without substitution, a 5% and 10% substitution mixture of styrofoam. Using the soil-cement technique standard and based on the self-compacting concrete standard, the soil-cement tests were carried out in the fresh state, being segregation by sieving test, Abrams abatement test and Funil test, and tests in the strength state, axial and diametral compression test, water absorption test. It has been found that the more it is replaced by styrofoam plus the material undergoes segregation, the styrofoam in flakes creates voids within the final product, achieving not very satisfactory results in the compressive strength. However the research does not end there, it is observed that the mixture performed well with the 5% substitution, these results raise the hypothesis of working with the initial trace and only add styrofoam, or reach an adequate value in that the styrofoam work the lightness of the material without changing the resistance.

KEY WORDS: Soil-Cement, Self-Careful, Styrofoam.

RESUMEN

Este artículo trae una investigación del suelo-cemento con sustitución de las parciales de suelo por isopor en copos. La mezcla se compone de suelo, cemento, arena, isopor, superplastificante y agua. Se realizó una mezcla sin sustitución, con sustitución del 5% y 10% de isopor. Se utilizó la norma técnica de suelo-cemento y basándose en la norma de hormigón auto adensable, se efectuaron los ensayos con el suelo-cemento en estado fresco, ensayo de segregación por cribado, ensayo de abatimiento de Abrams y ensayo del embudo, y ensayos en estado seco, ensayo de compresión axial y diametral, ensayo de absorción de agua. Se obtuvo que cuanto más se sustituye suelo por isopor más el material sufre segregación, el isopor en copos crea vacíos dentro del producto final, alcanzando resultados no muy satisfactorios en la resistencia a la compresión. Pero la investigación no se cierra por ahí, se observa que la mezcla tuvo un buen desempeño con la sustitución del 5%, esos resultados plantean la hipótesis de trabajar con el trazado inicial y sólo añadir isopor, o llegar a un valor adecuado en que el isopor trabaje la ligereza del material sin alterar la resistencia.

PALABRAS CLAVE: Solo-Cemento, Auto Adensible, Isopor.

1. INTRODUÇÃO

Há algum tempo tem-se buscado um aprimoramento da construção civil, adicionando e modificando diversos tipos de materiais, na busca de encontrar a mistura certa para diversas aplicações, e procurando a melhor característica para várias necessidades. A busca por melhorias derivou a criação da mistura de dois materiais muito utilizados desde a antiguidade, o solo e o cimento, esta que tem relatos do seu uso em pavimentação desde o início do século XX. O Solo entra na mistura como uma adição mineral, o cimento procede com a função da estabilização do solo, onde o cimento hidratado forma uma matriz revestindo as partículas do solo, este ficando como microagregado. Segundo GRANDE (2003), para se ter um bom desempenho no solo-cimento busca-se nas seguintes características: o tipo de solo, o teor de cimento, o método de mistura e a compactação. O tipo de solo determina muito o desempenho da mistura no estado fresco, e seu resultado final. Ainda orienta que alguns Autores, após realizarem vários ensaios, com diversos tipos de solos, chegaram a conclusão de que o aumento de teor de cimento resulta no aumento da resistência à compressão, sendo assim, sua durabilidade, independentemente do tipo de solo. Porém, alertam que se o teor de cimento for muito alto e a cura for realizada inadequadamente, é possível que ocorram fissuras no material que surgem pela retração por secagem. A cura é um fator importante na qualidade do solo-cimento. Já a mistura é necessária seguir os métodos corretamente que descrevem em normas, preparação do solo, preparação da mistura, dosagem. Também a compactação adequada, este que varia muito conforme o tipo de solo, diferente do concreto convencional, que tem boa compactação conforme a mistura cimento-água, o solo-cimento necessita de uma umidade ótima, de forma que hidrate o cimento, porém não exagerado, de forma que não afete as características do solo.

SEGANTINI e ALCANTARA (2010) orienta uma solução para a fabricação do solo-cimento, que pode ser através de viabilizar uma forma auto-adensável. Dessa forma utiliza-se aditivos superplastificantes, estes que contribuem para a fluidificação. O solo-cimento auto-adensável (SCAA) tem um procedimento semelhante a concretos e argamassas de acordo com as propriedades de estabilização, esses também formam compostos cimentantes derivados da estabilização do cimento Portland.

Para que possamos dispor de maior conhecimento, façamos uma análise e reflexão do material chave da pesquisa, O Isopor. O Isopor é um material plástico composto por 95% de ar e 5% de plástico, o poliestireno, que é um sintético feito com o monômero de estireno, um líquido derivado da indústria petroquímica. Segundo PORTO (2016) o poliestireno pode ser rígido ou espumado, mas geralmente é usado na sua forma sólida, é branca, dura e quebradiça. Levando em consideração seu peso, é uma resina muito barata, sendo bastante usada como uma eficiente barreira contra o oxigênio e vapor de água, tendo um ponto de fusão relativamente baixo. O poliestireno é um dos plásticos mais utilizados no mundo, sendo produzidas milhões de toneladas anualmente. Como polímero termoplástico, o poliestireno permanece em estado sólido à temperatura ambiente, mas derrete quando aquecido à uma temperatura superior 100 ° C, sendo capaz de tornar-se rígido novamente quando resfriado. Ele é muito lento para se biodegradar, gerando, portanto, um foco de polêmica, já que muitas vezes seus restos são notados no ambiente, especialmente ao longo das costas e canais de

água. O poliestireno é, quimicamente, muito inerte, resistente às substâncias ácidas e básicas. É atacada por muitos solventes orgânicos, os quais se dissolvem o polímero. Um dos problemas do isopor é sua composição. Por isso, quando é derretido, o volume final do poliestireno cai para 10% daquilo que foi coletado. Por essa razão, a maioria das empresas de reciclagem se recusam a lidar com esse material. Além de ocupar muito volume, o que encarece seu transporte e, conseqüentemente, a sua reciclagem, exigindo quantidades muito grandes para se viabilizar economicamente o processo como um todo. Quando é descartado como lixo, ele pode levar cerca de 150 anos para se decompor. Se queimado, produz grande quantidade de gás carbônico, contribuindo para a poluição e para o aquecimento global.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como finalidade a substituição de 5% e 10% de solo por flocos de isopor na mistura solo-cimento auto-adensável, com o intuito de viabilizar a utilização de materiais degradantes ao meio ambiente na construção civil, realizando assim testes comparativos a norma técnica e atendendo as necessidades de qualidade e desempenho.

3. METODOLOGIA

As pesquisas e o desenvolvimento do trabalho foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS), os materiais utilizados nos ensaios foram adquiridos pela Faculdade.

3.1. MATERIAIS

Os materiais utilizados na mistura foram: solo, areia, isopor, superplastificante e cimento. Após a mistura, analisou-se tanto seu estado fresco, como abatimento, funil e segregação, quanto no estado endurecido, como compressão axial, compressão diametral e absorção. Segue abaixo características dos materiais supracitado:

- O Isopor utilizado é granulométrico e se encontra uniformemente em flocos;
- O Solo utilizado foi o Solo de Ilha Solteira: constitui, granulometricamente partículas argilosas, siltosa e arenosas (solo Podzólico Vermelho Amarelo) – Argiloso;
- Para melhores desempenhos do SCAA foi utilizado Cimento CII - Z 32;
- Para fins de obter melhor desempenho na mistura foi utilizada areia fina;
- Superplastificante Sika Viscocrete 20 HE ideal para fluidificação do SCAA;
- Utilizou-se água potável fornecida pela rede pública de abastecimento da cidade de Ilha Solteira, estado de São Paulo, Brasil.

3.2. MÉTODOS

Inicialmente foi realizado o cálculo do traço do solo-cimento sem adição do isopor, para que assim pudesse ter uma mistura modelo para comparar resultados. Baseado na mistura de referência, foi efetuado o cálculo retirando 5% e 10% de solo (em massa), e substituindo a mesma porcentagem com isopor (em milímetros). Para realização dos ensaios, primeiramente foi coletado e separado organizadamente todos os materiais utilizados na mistura. Dessa forma o traço dos materiais esteve conforme o Quadro 1:

Quadro 1 - Traço da mistura solo-cimento Referência, Substituição de 5% e 10%

| Ensaio de Vazão Mássica | | | |
|---------------------------|------------|--------------------|---------------------|
| | REFERÊNCIA | SUBSTITUIÇÃO DE 5% | SUBSTITUIÇÃO DE 10% |
| Solo | 7.500 g | 7.125 g | 495,76 |
| Cimento | 1.500 g | 1.500 g | 1.500 g |
| Areia | 1.460 g | 1.460 g | 1.460 g |
| Água | 3.500 g | 3.500 g | 3.500 g |
| Isopor | 0,00 g | 312,5 ml | 625 ml |
| Superplastificante | 45 g | 45 g | 45 g |

Fonte: Autores, 2018

Após a separação dos materiais foi realizado a granulometria do solo e areia, já que o isopor está floculado em tamanho uniforme, cada material foi vibrado separadamente, com 7 minutos cada, na Figura 1 observamos como se efetua esse processo.

Figura 1- Processo de Granulometria do Solo



Fonte: Autores, 2018.

O ensaio para absorção de água dos materiais areia, solo e isopor foi feito conforme a avaliação de perda de água e absorção, analisando a compatibilidade da mesma com os materiais. Acrescentou 40g de material e 4g de água para todos os materiais, individualmente. A Figura 2 demonstra o solo e o isopor com adição da água.

Figura 2 - Ensaio de absorção de água do Solo e do Isopor



Fonte: Autores, 2018.

Enfim foi realizada a mistura dos materiais, primeiramente sem isopor. Conforme a NBR 12024 (2012), adicionou na betoneira todo o solo, cimento e areia, misturando por 1min, depois adicionou 2/3 da água, misturando por mais 1min, finalizando a mistura adicionando o restante da água mais o superplastificante, por mais 1min. É possível verificar o processo nas Figuras 3, que ilustra conforme a ordem da mistura.

Figura 3- Mistura dos materiais fabricando a Referência



Fonte: Autores, 2018.

Seguindo os mesmos procedimentos acima, porém com a substituição de 5% e 10% em massa de solo respectivamente por isopor. A diferença da mistura de referência foi a adição do isopor junto ao solo, cimento e areia. A Figura 4 e 5 demonstram exemplos dessa mistura.

Figura 4 - Mistura do Solo-Cimento com substituição de 5% de Isopor



Fonte: Autores, 2018.

Figura 5 - Mistura do Solo-Cimento com substituição de 10% de Isopor



Fonte: Autores, 2018.

Após o processo de mistura dos materiais foi realizado os ensaios do SCAA, o primeiro ensaio efetuado foi o do cone de Abrams, ou "*Slump-Flow*", observando e medindo, em seguida, o espalhamento longitudinal e transversal, também analisou a presença de franjas em torno da circunferência do espalhamento indicando uma segregação ou exsudação do material no estado fresco, a Figura 6 ilustra bem esse ensaio com os 3 experimentos.

Figura 6 - Ensaio de Abrams "Slump Flow", Mistura Referência, Substituição de 5% e Substituição de 10% de Isopor



Fonte: Autores, 2018.

Posteriormente, através do ensaio de peneiramento foi medido o nível global de segregação, retirou-se uma amostra do solo-cimento pesando 2 kg, colocado em uma peneira de 4,80 mm de espessura da abertura da malha, a peneira foi posicionada sobre um recipiente que retém o material passante, pode ser observado na Figura 7 com as composições de referência e isopor.

Figura 7 - Ensaio de Segregação, Mistura de Referência e Substituição de Isopor



Fonte: Autores, 2018.

É medida a massa do material passante e a massa do material retido na peneira. O cálculo de porcentagem em massa do material passante é efetuado através da formula:

$$\pi(\%) = \frac{M_p}{M_t} \times 100$$

Mt = massa total do material

Mp = massa de material retido na peneira

De acordo com a norma que é apresentado na AFGC (2000), a porcentagem de " π " tem de ser inferior a 15% assim a composição é considerada estável de acordo com parâmetros de segregação. Para uma porcentagem entre 15% e 30%, está se encontra com uma estabilidade crítica, acima desses valores a composição se classifica como instável.

Após o ensaio de peneiramento foi executado o ensaio de funil adaptado ao solo-cimento conforme ALCANTARA (2013), foi retirada uma amostra e colocado em um funil adaptado de garrafa PET e cronometrado o tempo de escoamento contínuo, observando o tempo e a existência de bloqueios, após o escoamento, foi conferido o peso do material passante no funil, podemos observar o exemplo das misturas de referência e isopor na Figura 8.

Figura 8 - Ensaio do Funil



Fonte: Autores, 2018.

Para o ensaio de avaliação de comportamento de flexão utilizou-se de corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 5cm de diâmetro e 10cm de altura, a Figura 9 ilustra os CP's. Os moldes foram preenchidos com o solo-cimento alto-adensável, sem auxílio de vibração. A resistência mecânica foi avaliada aos 28 dias, onde 3 corpos-de-prova foi submetido a ensaio de compressão axial, 3 corpos-de-prova para avaliação de resistência a tração por compressão diametral e 2 corpos-de-prova para análise da absorção.

Figura 9 - Corpos de prova



Fonte: Autores, 2018.

4. RESULTADOS

O Quadro 2 e 3 abaixo apresenta os resultados do ensaio de espalhamento e da vazão mássica, respectivamente.

Quadro 2- Ensaio de espalhamento *slump flow*

| Ensaio de espalhamento <i>slump-flow</i> | | | |
|--|------------|--------------------|---------------------|
| Diâmetro de espalhamento | Mistura | | |
| | REFERÊNCIA | SUBSTITUIÇÃO DE 5% | SUBSTITUIÇÃO DE 10% |
| D1 | 310 | 330 | 350 |
| D2 | 310 | 320 | 340 |
| Dmédia | 310 | 325 | 345 |

Fonte: Autores, 2018

O ensaio de espalhamento é utilizado para que misturas auto adensáveis flua sem segregar, verificando a coesão, trabalhabilidade e fluidez do SCAA. Pelos resultados obtidos e mostrados no Quadro 2, nota-se que a mistura contendo 10% de floco de isopor apresentou um espalhamento maior, devido a diminuição da porcentagem que garante a coesão, ou seja, o solo. Na figura 6 mostra a dificuldade de interação da mistura com a adição de isopor, pois o mesmo é um material inerte com difícil interação com a matriz. Na mistura com 5% o material apresentou uma viscosidade maior, porém não houve indícios de exsudação e segregação, diferente da 10%, apresentando os problemas relatados.

Quadro 3- Ensaio de vazão mássica

| Ensaio de Vazão Mássica | | | |
|-------------------------|------------|--------------------|---------------------|
| | Mistura | | |
| | REFERÊNCIA | SUBSTITUIÇÃO DE 5% | SUBSTITUIÇÃO DE 10% |
| Média | 407,62 | 472,70 | 495,76 |

Fonte: Autores, 2018

O ensaio do funil é utilizado para analisar a fluidez do material, de modo que a viscosidade pode contribuir para o melhor comportamento das misturas no escoamento confinado ALCANTARA (2004). Nota-se que o tempo de escoamento é inversamente proporcional a fluidez, ou seja, quanto mais tempo levar para que a mistura passe pelo funil, menos fluido é o material. No Quadro 3, a vazão mássica foi maior na mistura com 10% pois o elementos que garantem a coesão foi retirado, no caso o solo, porém esta mistura não satisfaz a condição de espalhamento, o material precisa ser coeso e homogêneo. Portanto, em relação a reologia, a mistura com 5% de adição satisfaz tanto o espalhamento quanto o ensaio do funil.

No ensaio de segregação, de acordo com a figura 7, analisa se o material ao ser peneirado segrega, separando seus componentes. Verificou que o isopor, por ser um material inerte não adere a pasta, ficando sobressaindo o material. Então, o material será melhor analisado em seu estado endurecido.

Segue a tabela os ensaios obtidos no seu estado endurecido:

Quadro 4 - Resultados da mistura no estado endurecido aos 28 dias

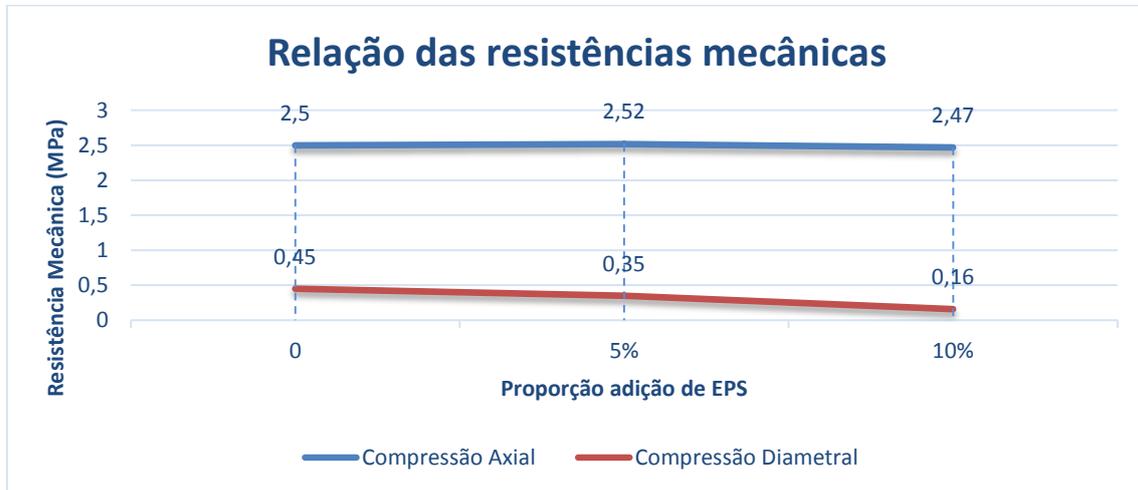
| Resultado das amostras no estado endurecido | | | |
|---|------------|--------------------|---------------------|
| | Mistura | | |
| | REFERÊNCIA | SUBSTITUIÇÃO DE 5% | SUBSTITUIÇÃO DE 10% |
| Compressão axial (MPa) | 2,50 | 2,78 | 1,94 |
| | 2,29 | 2,50 | 2,08 |
| | 2,71 | 2,29 | 3,40 |
| Média Compressão Axial (MPa) | 2,50 | 2,52 | 2,47 |
| Desvio Padrão Compressão Axial | 0,21 | 0,25 | 0,81 |
| Coefficiente de Variação Axial (%) | 8,40 | 9,74 | 32,57 |
| Compressão diametral (MPa) | 0,55 | 0,44 | 0,09 |
| | 0,37 | 0,48 | 0,23 |
| | 0,44 | 0,14 | 0,16 |
| Media Compressão Diametral (MPa) | 0,45 | 0,35 | 0,16 |
| Desvio Padrão Compressão Diametral | 0,09 | 0,18 | 0,07 |
| Coefficiente de Variação Diametral (%) | 20,02 | 52,20 | 44,45 |
| Relação Tração/Compressão | 0,18 | 0,14 | 0,06 |

Fonte: Autores, 2018

Pela tabela, na mistura de 5% teve um acréscimo da resistência a compressão axial, já na 10% ocorre decréscimo. No material com 5% de isopor, pode ter ocorrido uma melhor distribuição do material, ao adicionar material com granulometria maior, a pasta de cimento foi suficiente para manter a resistência, por isso não houve alterações significativas em sua resistência. Na de 10%, ao diminuir material que mantem a coesão, ou seja, o solo, o material obteve maior quantidade de vazios, tornando a mistura mais fraca. Já que o isopor é de difícil interação com a pasta e apresenta uma menor resistência em si.

Já na resistência a tração houve um decréscimo significativo, pois, o EPS por ser um material inerte, não apresenta função estrutural. As fissuras internas ocasionada pela adição de tensão propagou pelos vazios deixados pelo material, e pelo próprio EPS, a pasta não foi suficiente para garantir uma maior resistência à tração. Relacionando a resistência à tração com a resistência a compressão houve uma diminuição com as adições de EPS, indicando a fragilidade do material, ou seja, mais quebradiço.

Figura 10 - Relação das resistências mecânicas da mistura

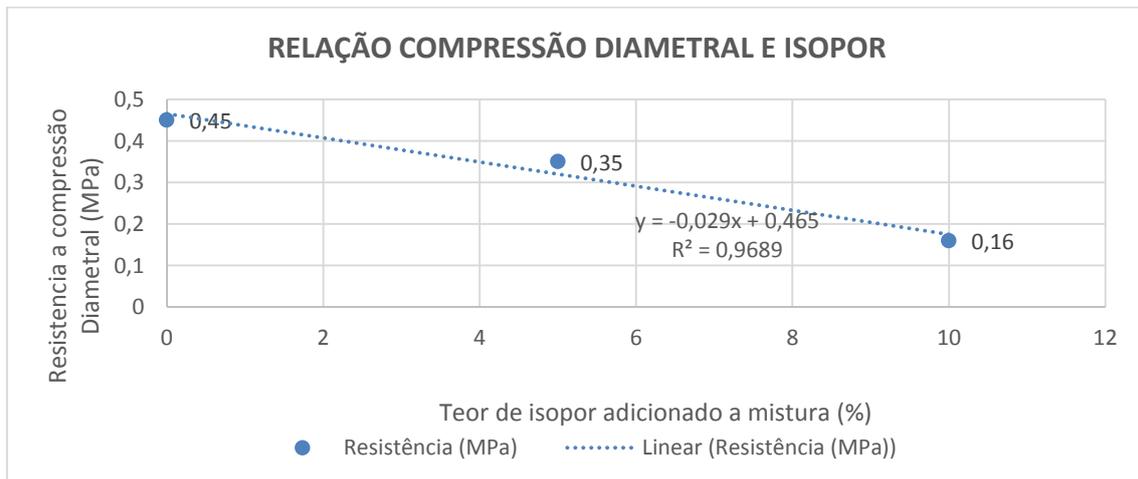


Fonte: Autores, 2018

Na figura 10 temos a relação das resistências mecânicas do material de acordo com os teores de EPS da mistura.

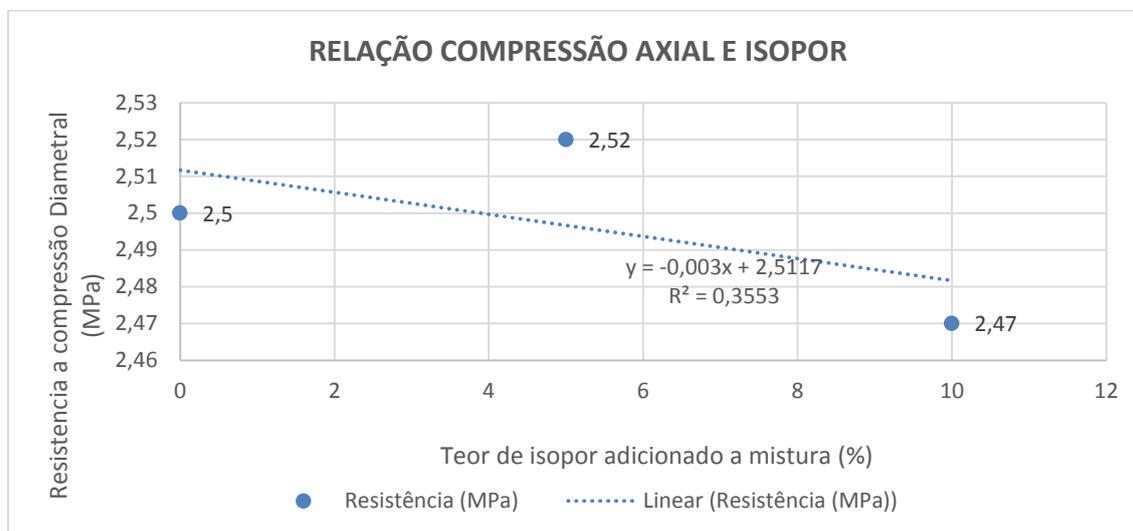
Na tabela 11 e 12, mostra quanto a resistências mecânicas é influenciada pela adição de EPS.

Figura 11 - Relação resistência a compressão diametral e isopor



Fonte: Autores, 2018

Figura 12 - Relação resistência a compressão axial e isopor



Fonte: Autores, 2018

Na compressão diametral temos uma relação negativa, ou seja, quanto mais EPS é adicionado, menor sua resistência. Ele nos mostra ainda que 96,89% da diminuição da resistência esta relacionado a adição de EPS.

Na compressão axial também temos relação negativa, porém apenas 35,53% relacionado a EPS. A diminuição da resistência também pode estar relacionada a outros fatores, como vazios por exemplo.

Segue abaixo tabela da umidade da amostra realizado aos 28 dias.

Quadro 1 - Resultados da umidade da mistura aos 28 dias

| Umidade aos 28 dias | | | |
|---------------------|-------------|-------|-------|
| Mistura | Umidade (%) | | Média |
| REFERÊNCIA | 26,66 | 33,79 | 30,23 |
| SUBSTITUIÇÃO DE 5% | 26,58 | 38,79 | 32,54 |
| SUBSTITUIÇÃO DE 10% | 22,02 | 25,74 | 23,88 |

Fonte: Autores, 2018

Analisando os resultados do quadro 5, na primeira substituição houve pouca variação da umidade, já na substituição de 10% diminuiu consideravelmente, pode ser explicado pela retirada do material que absorve a água em maior quantidade, como o solo. Com isso, há uma intensidade menor no ciclo absorção e secagem, pois o mesmo absorve menos. Sugere-se um aprofundamento sobre esse estudo, para uma melhor avaliação do comportamento.

5. CONCLUSÃO

Após os ensaios, podemos analisar que o isopor em flocos necessita de um tratamento diferenciado na mistura com solo-cimento, há certa dificuldade em substituição ao solo, pois o isopor é de difícil interação com a matriz tratando de sua reologia e deixa um índice considerável de vazios no estado endurecido, além de não haver compatibilidade no material. Verifica-se também, que quanto maior a porcentagem de isopor maior a segregação e exsudação.

Na resistência a compressão axial não houve variações consideráveis, já na resistência a tração, as tensões aplicadas não há continuidade, acumulando assim nos vazios deixados pelos flocos de isopor, por esse motivo sua resistência apresentou valores abaixo do esperado.

Com a adição do isopor o material apresentou um comportamento menos dúctil, tornando-o assim mais frágil.

Uma solução que podemos buscar é a adição do isopor ao solo-cimento para elementos que não demandam resistência a tração e nem ductibilidade. Nesse caso seria realizado o cálculo do traço buscando encontrar melhores resultados para outras finalidades.

Outros temas podem ser abordados com esse trabalho:

- Uso do Poliestireno na construção civil, como adição a misturas de concreto;
- Produção de materiais com o uso de polímeros agregando a sustentabilidade com o propósito de reciclagem;
- Solo-cimento com adição de diversos materiais descartáveis ao meio ambiente.

AGRADECIMENTO

Ao Laboratório de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, pela disposição de materiais e espaço para a realização das pesquisas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A. K. (1981). *Tecnologias apropriadas: tijolos e paredes monolíticas de solo-cimento*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. Recuperado em 2018-05-18, de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-12052017-090330/>

AMARAL, G. Estudo da Influência da Natureza das Cargas Nas Propriedades da Madeira Plástica. Trabalho de Diplomação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24743/000747660.pdf>. Acesso em: 21 de maio de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12025**: solo-cimento - ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13555**: solo-cimento – determinação da absorção d'água. Rio de Janeiro, 2012. 1 c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15823-5**: concreto autoadensável. – Determinação da viscosidade – método do funil v. Rio de Janeiro, 2017. 1 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6457**: amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1986. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6459**: solo - determinação do limite de liquidez – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7180**: solo - determinação do limite de plasticidade - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7181**: solo - análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7181**: solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016. 1 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7222**: concreto e argamassa. – Determinação da resistência à tração por compressão diametral do corpo de prova cilíndrico. Rio de Janeiro. 1 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12024**: solo-cimento — moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos — procedimento. Rio de Janeiro, 2012. 6 p.

GIANSANTI, R; O desafio do desenvolvimento sustentável, Atual: São Paulo, 1998.

GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. doi:10.11606/D.18.2003.tde-07072003-160408. Acesso em: 2018-05-18.

HERMAIS, C. A. Eloisa Mano e seus oitenta anos. *Polímeros*, v. 14, n. 4, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282004000400003>>. Acesso em: 21 de maio de 2018.

PORTO, G. – Isopor, artigo de pesquisa, *Info Escola*, 2016. Disponível em: <https://www.infoescola.com/compostos-quimicos/isopor/>. Acesso em: 21 de maio de 2018.

SEGANTINI, A. A. S; ALCANTARA, M. A. M. Solo-cimento e solo-cal. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO - IBRACON (Org.). **Materiais de construção civil e princípios básicos de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 2, p. 863-891.