



## INVESTIGAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE ARGAMASSAS INCORPORADAS COM RESÍDUO OLEOSO DE PETRÓLEO

MENDONÇA, Ana Maria G. Duarte (1); COSTA, Loredanna Melyssa (2); SILVA Conrado Cesar Vitorino Pereira da (3); NUNES, Camila Gonçalves Luz (4)

Universidade Federal de Campina Grande, ana.duartemendonca@gmail.com; Universidade Federal de Campina Grande, loredannamcs@gmail.com; Universidade Federal de Campina Grande, cesar.vtr@hotmail.com; Universidade Federal da Paraíba, camilanunes.engcivil@hotmail.com

### RESUMO

A necessidade excessiva de fontes energéticas pelo homem é uma questão que provém desde os primórdios e que estimula as sociedades a sempre buscar suprir essas necessidades por meio de alternativas que lhes sejam mais rentáveis, onde nem sempre essa produção ocorre de forma sustentável. Logo, estudos buscam propiciar uma alternativa cabível para a reutilização desse resíduo, fazendo com que ele possa substituir outros materiais já existentes e assim desempenhar características positivas ou de comportamento semelhante sem comprometimentos. Este trabalho tem como objetivo principal avaliar as propriedades físicas e mecânicas de argamassas incorporadas com resíduo oleoso de petróleo. Foram moldados corpos de prova nas dimensões 5 cmx10 cm para a argamassa de referência e para argamassa produzida com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo oleoso de petróleo nos teores de 10% e 20%. Sequencialmente foi determinada a absorção de água por imersão e a resistência à compressão para as idades de 7, 14 e 28 dias. Observou-se que a argamassa produzida com a substituição parcial do agregado miúdo por resíduo oleoso de petróleo (ROP) apresentou um aumento gradual dessa característica, que em linhas gerais se teve um aumento a cada incremento de ROP da absorção. No mesmo sentido obteve-se um crescimento na resistência das argamassas ao longo das idades empregadas no trabalho, com um aumento notório para o teor de 10% de ROP, em comparação com a argamassa de referência. Logo, a utilização do material (ROP) pode gerar alterações, mesmo que não tão significantes, na constituição da argamassa seja em seu estado fresco ou endurecido.

**Palavras-chave:** Resíduo. Argamassa. Propriedade.

### ABSTRACT

*The excessive need for energy sources by man is an issue that comes from the beginning and encourages societies to always seek to meet these needs through alternatives that are more profitable, where this production does not always occur in a sustainable way. Therefore, studies seek to provide a suitable alternative for the reuse of this residue, so that it can replace other existing materials and thus perform positive characteristics or similar behavior without compromising. This work has as main objective to evaluate the physical and mechanical properties of mortars incorporated with oily petroleum residue. 5 cm x 10 cm specimens were molded for the reference mortar and for mortar produced with partial replacement of the small aggregate by oil sludge at 10% and 20%. Water absorption by immersion and compressive strength at the ages of 7, 14 and 28 days were sequentially determined. It was observed that the mortar produced with the partial replacement of the small aggregate by oily petroleum residue (ROP) showed a gradual increase in this characteristic, which in general was increased with each increment of ROP of the absorption. In the same sense, an increase in mortar strength over the ages employed in the work was obtained, with a notable increase in the 10% ROP content compared to the reference mortar. Therefore, the use of the material (ROP) can generate changes, even if not as significant, in the constitution of the mortar in its fresh or hardened state.*

**Keywords:** Waste. Mortar. Property.

## 1 INTRODUÇÃO

A dependência excessiva de fontes energéticas pelo homem é um fato que ocorre desde o início das civilizações, seja essa fonte uma simples fogueira (proporcionando a geração de calor), até mesmo fontes mais nobres como os combustíveis fósseis, sendo o petróleo o combustível fóssil com maior destaque. A necessidade de utilização de alternativas energéticas vem estimulando a cada dia a exploração e a disseminação deste mercado pelo mundo, proporcionando assim um crescimento em larga escala nas empresas produtoras destes bens, com grande relevância as indústrias de exploração e produção (E&P) de petróleo, possuindo a sua matéria prima (o petróleo) como a principal fonte energética do Século XXI (AGUIAR, 2004).

Para que sejam gerados os bens derivados do petróleo é necessário que esse combustível fóssil passe por um processo de beneficiamento em locais apropriados, que são as refinarias. Todo o processo para a retirada desses bens traz consigo a geração de resíduos oleosos de petróleo (ROP), que devido à alta necessidade de produção de fontes energéticas a partir do petróleo a quantidade excessiva de resíduo gerado é de tal forma que a sua produção é causadora de diversos problemas socioambientais tanto no Brasil como em outras regiões do mundo (SANTOS, 2013).

Um dos grandes desafios para as indústrias produtoras é a destinação correta do ROP, sendo um forte alvo de pesquisas a respeito da sua destinação adequada, bem como da sua reutilização. Diversas tecnologias vêm sendo aplicadas em busca de proporcionar um melhor destino final ao ROP, como incineração, tratamentos biológicos, entre outras medidas (ANDRADE et al., 2009).

As argamassas são extensivamente consumidas no mundo, seja como revestimento de paredes, tetos e pisos ou, assentamentos em alvenarias de vedação e estrutural (SANTOS, 2011). Nos últimos anos, muitas empresas estão substituindo as argamassas preparadas em obra pelas pré-fabricadas, devido à dificuldade de estocagem de materiais e dosagem de forma eficiente no canteiro de obras, aliadas às imprecisões encontradas e deficiências de metodologias de proporcionamento existentes (BARBOSA e SANTOS, 2011).

Assim, este estudo propõe a incorporação do ROP na composição de argamassas, sendo o mesmo utilizado como substituinte parcial do agregado miúdo (areia). A substituição visa proporcionar um destino ecologicamente adequado ao resíduo, com o intuito de proporcionar uma melhoria nas características físicas de argamassas e conseqüentemente provocar uma economia para produção, influenciando a redução do cimento na composição, visto que a produção do cimento demanda exploração de recursos naturais, consumo energético e provoca poluição ao meio ambiente.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Os materiais usados na pesquisa foram:

Cimento: O cimento utilizado na pesquisa será o CP II Z, apresentando massa específica 2,96 g/cm<sup>3</sup> (DNER – ME 085:1994) e módulo de finura de 2,84% (NBR 11579:2012);

Agregado miúdo: areia quartzosa retirada do leito do Rio Paraíba, apresentando diâmetro máximo de 2,36mm, finura igual a 2,42%, massa específica de 2,618g/cm<sup>3</sup>, massa unitária solta igual a 1,429g/cm<sup>3</sup>, e teor de materiais pulverulentos de 0,07%.

Cal hidratada: cal hidratada, como o próprio nome sugere, é uma combinação da cal virgem com água, com composição química de óxido de cálcio (CaO) e baixo teor de óxido de magnésio, sendo os valores de 49,35% e 26,45% respectivamente, apresentando curva granulométrica com comportamento modal com diâmetro médio de 9,87µm, com D10 de 0,47µm, D50 de 4,28µm e D90 de 30,84µm;

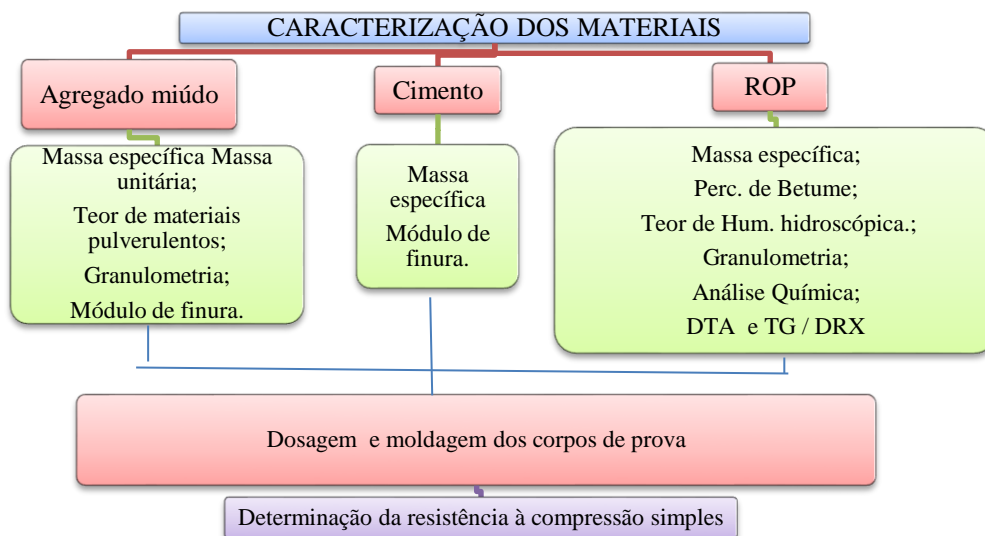
Resíduo oleoso de petróleo (ROP): Cascalho de perfuração oriundo das atividades de Exploração & Produção de petróleo no município de São Sebastião do Passé, unidade de Taquipe da Petrobrás no estado da Bahia. Apresenta massa específica de 2,344 g/cm<sup>3</sup>, porcentagem de betume de 5%, umidade higroscópica de 22,35%, com composição química majoritária de 58,4% de SiO<sub>2</sub>, 17% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e 7% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Apresenta granulometria com comportamento monomodal, com diâmetro médio de 13,28 µm, D10 de 1,28 µm, D50 de 9,58 µm e D90 de 30,37 µm e as fases mineralógicas são: quartzo, calcita, mica e caulinita;

Água: destinada ao consumo humano fornecido pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA).

## 2.2 Metodologia

A Figura 1 ilustra o fluxograma das etapas da pesquisa.

Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa



### 2.2.1 Coleta e seleção dos materiais

Nesta etapa foram selecionadas as matérias-primas convencionais e alternativas e realizou-se ensaios de caracterização física para o cimento e os agregados e caracterização física, química e mineralógica para o resíduo oleoso de petróleo.

### 2.2.2 Estudo da dosagem dos materiais

Escolha da composição granulométrica e determinação da volumetria para obtenção do teor ótimo de resíduo oleoso de petróleo (ROP) para produção das argamassas. A dosagem dos materiais foi realizada de acordo com a metodologia estabelecida pela ABCP – Associação brasileira de Cimento Portland, e, conforme as seguintes etapas: Na primeira etapa foram determinados os traços. Na segunda etapa determinou-se os teores de substituição e idades de controle que seriam utilizados na pesquisa. O traço definido foi de 1:2:9, sendo que para uma medida de cimento teríamos duas de cal e nove de areia, com um fator água cimento de 2,18 segundo o método de Selmo (1989).

### 2.2.3 Moldagem dos corpos de prova

A partir da caracterização dos materiais constituintes da argamassa, e, através das massas específicas dos constituintes foi possível definir a massa de cada material para um traço de argamassa, sendo 33g de cimento; 66g de cal; 296,96g de areia; 71,93ml de água. Vale ressaltar que foi acrescido sobre esses valores mais 10% no intuito de incluir um possível desperdício. Foram moldados corpos de prova nas dimensões de 5 cmx10 cm para argamassa de referência e para argamassa com substituição do agregado miúdo por resíduo oleoso de petróleo nos teores de 10% e 20%.

### 2.2.4 Determinação das propriedades físicas e mecânicas de argamassa incorporada com resíduo oleoso de petróleo

#### 2.2.4.1 Absorção por Imersão em Água

Para a definição da absorção de água em argamassa incorporada com resíduo oleoso de petróleo (ROP) foi utilizada a NBR 9778, que especifica um método para determinar o parâmetro desejado. Os corpos de provas, de acordo com o método aplicado, foram produzidos de acordo com a NBR 5738, de modo a seguir de forma sistemática o procedimento sugerido pela norma referente ao ensaio. Os corpos de prova foram produzidos nos teores de 10% e 20% de resíduo oleoso de petróleo em relação a massa de agregado miúdo, tendo em vista que foi confeccionado corpos de prova sem a presença do resíduo a fim de obtenção de uma referência. Vale ressaltar que o material foi ensaiado nas idades de 7, 14 e 28 dias.

#### 2.2.4.2 Resistência a Compressão Simples

Para a caracterização mecânica dos corpos de prova de argamassas incorporadas com ROP, nas dimensões de 5cmx10cm, foi realizado o ensaio de resistência à compressão simples, de acordo com a norma NBR 7215/1996, nas idades de controle de 7, 14 e 28 dias, com teores de 10% e 20% de ROP e referência.

A Figura 2 ilustra o equipamento utilizado para o ensaio de resistência a compressão simples.

Figura 2 - Equipamento utilizado para o ensaio de resistência a compressão simples



Fonte: Aatoria própria (2017)

A Figura 3 ilustra os corpos de prova utilizados no trabalho; (a) – Amostras de referência; (b) – Amostras com 10% de ROP; (c) – Amostras com 20% de ROP.

Figura 3 – Corpos de prova utilizados no trabalho; (a) – Amostras de referência; (b) – Amostras com 10% de ROP; (c) – Amostras com 20% de ROP.



Fonte: Aatoria própria (2017)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios de absorção de água foram realizados de acordo com a NBR 9778 (Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica) normatizada pela ABNT (1987). A absorção de água é um parâmetro de fundamental importância na caracterização de uma argamassa, recaindo sobre propriedades da sua constituição quando em estado fresco (trabalhabilidade e coesão, por exemplo), como em estado endurecido (resistência mecânica, por exemplo). Dessa forma os resultados obtidos para a determinação da absorção de água para argamassas foi baseado na utilização de corpos de prova nas idades de 7, 14 e 28 dias, conforme expostos na Tabela 1.

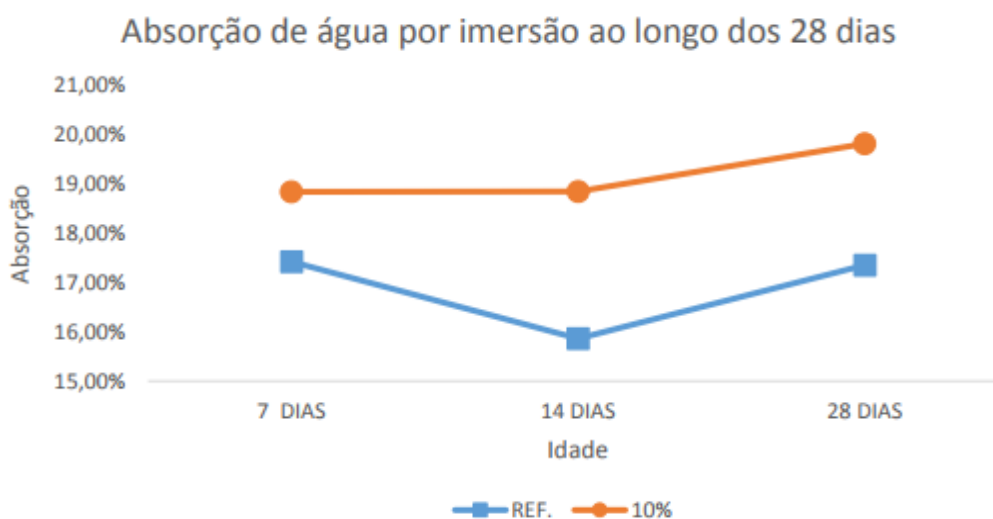
Tabela 1 - Determinação da absorção de água na argamassa

Teor de ROP	7 dias	14 dias	28 dias
Referência	17,43%	15,87%	17,36%
10%	18,85%	18,86%	19,83%
20%	21,23%	19,12%	20,36%

Fonte: Autoria própria (2017)

A Figura 4 ilustra os resultados obtidos para absorção de água das argamassas para incorporação de 10% de ROP.

Figura 4 - Absorção de água das argamassas para incorporação de 10% de ROP



Fonte: Autoria própria (2017)

Fazendo-se uma análise dos resultados obtidos para absorção de água por imersão apresentados na Tabela 1 e ilustrados na Figura 4, observa-se um

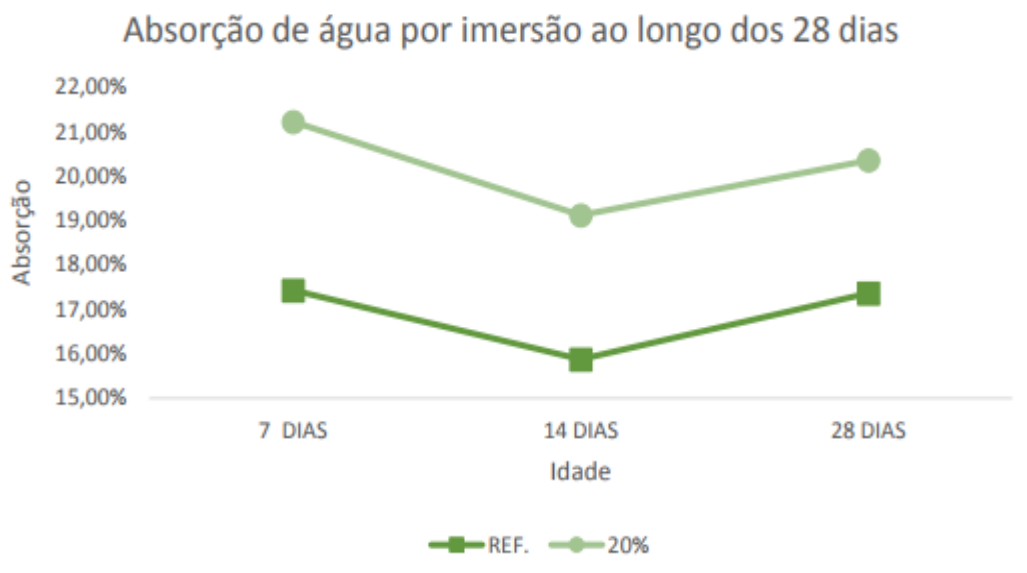
aumento gradual na absorção de água das argamassas, quando amplia-se os teores de substituição do agregado miúdo por ROP.

Pôde-se verificar que a argamassa com 10% de ROP apresentou um aumento de absorção em relação à argamassa de referência na ordem de 8%.

Andrade et al. (2015) desenvolveu o seu estudo referente a absorção de água em argamassa incorporada com borra oleosa de petróleo, no qual o parâmetro foi verificado para as idades de 14 e 28 dias, nos teores de 10% e 20% de substituição em relação ao aglomerante. O autor obteve como resultados uma capacidade de absorção de água para o teor de 10% de borra oleosa com idade de 14 dias na ordem de 26,66% e 23,10% para a idade de 28 dias. Já para o teor de 20% de borra oleosa na idade de 14 dias obteve-se uma capacidade de absorção de água na ordem de 21,87% e 24,80% para a idade de 28 dias.

A Figura 5 ilustra os resultados obtidos para absorção de água das argamassas para incorporação de 10% de ROP.

Figura 5 - Absorção de água das argamassas para incorporação de 20% de ROP



Fonte: Autoria própria (2017)

De acordo com os resultados ilustrados na Figura 5, verifica-se que para a argamassa com 20% de ROP ocorreu também um aumento da absorção em relação a argamassa de referência na ordem de 22% para a idade de 7 dias, 20% para a idade de 14 dias, e 17% para a idade de 28 dias. Isso indica que a utilização do resíduo oleoso de petróleo na composição de argamassas ocasiona uma maior permeabilidade com um possível aumento no índice de vazios do material, proporcionando assim uma maior captação de água por meio da sua superfície.

O acréscimo na quantidade de água em uma argamassa influi diretamente sobre características tais como a trabalhabilidade, coesão, resistência mecânica, dentre outros parâmetros, que por sua vez podem gerar certa fragilidade e mudança no comportamento do material em suas diferentes aplicações.

Em estudos realizados por Andrade (2015) com utilização de resíduo oleoso de petróleo em argamassa, pode-se verificar uma discrepância na ordem 7,80%



para 10% de ROP na idade de 14 dias e 3,27% para a idade de 28 dias. Com um teor de 20% de ROP temos uma diferença na ordem de 2,75% para a idade de 14 dias e 4,44% na idade de 28 dias.

A Tabela 2 apresenta a Resistência à compressão das argamassas incorporadas com ROP nos teores de 10% e 20%.

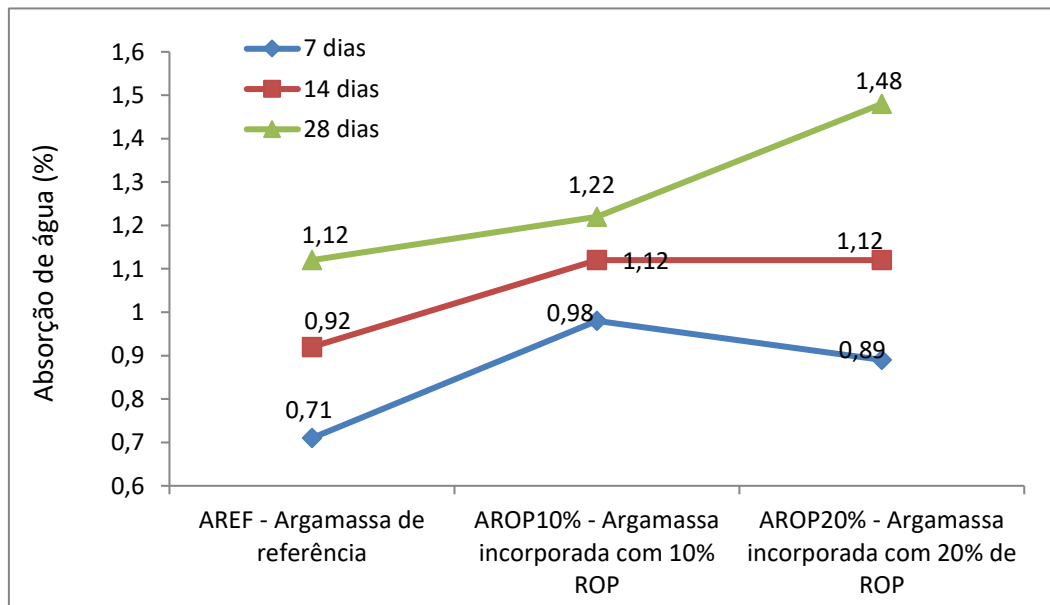
Tabela 2 - Resistência à compressão das argamassas incorporadas com ROP nos teores de 10% e 20%.

Teor de ROP	7 dias	14 dias	28 dias
Referência	0,71 Mpa	0,92 Mpa	1,12 Mpa
10%	0,98 Mpa	1,12 Mpa	1,48 Mpa
20%	0,89 Mpa	1,12 Mpa	1,22 Mpa

Fonte: Autoria própria (2017)

A Figura 6 ilustra a evolução das resistências obtidas para argamassa incorporadas com resíduo oleoso de petróleo nos teores de 10% e 20%.

Figura 6 - Resistência a compressão simples de argamassas incorporadas com resíduo oleoso de petróleo nos teores de 10% e 20%



Fonte: Autoria própria (2017)

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que a resistência à compressão simples se mostrou crescente à medida que a idade da argamassa foi prolongada, entretanto com a substituição parcial do agregado miúdo por resíduo oleoso de petróleo na composição da argamassa, nos teores de 10% e 20%, obteve-se um aumento na resistência ao longo dos 28 dias quando



comparada a argamassa de referência para cada idade de cura. Observando-se para o teor de substituição de 10% de agregado miúdo por resíduo oleoso de petróleo, resultados mais satisfatórios. Este aumento de resistência pode estar associado à composição química do resíduo oleoso de petróleo com  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Outro fato que pode justificar tal acréscimo de resistência é a granulometria do resíduo que proporcionou um melhor empacotamento das partículas gerando uma estrutura com menor índice de vazios. Conforme Tabela 1, a absorção de água por imersão obtida para a argamassa com 10% de resíduo oleoso de petróleo é praticamente igual a obtida para a argamassa de referência.

#### 4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pôde-se concluir que:

- A substituição parcial do agregado miúdo por resíduo oleoso de petróleo (ROP) proporcionou um aumento da absorção por imersão para os teores de 10% e 20% quando comparado com a argamassa de referência, obtendo-se valores superiores para todas as idades estudadas, podendo ser destacada a idade de 28 dias com valores médios de 19,83% e 20,36%, para os teores de 10% e 20% respectivamente. O aumento na absorção quando comparado os teores com a referência não foi superior a um valor 3,0%, tornando assim um crescimento pouco significativo, porém para determinadas aplicações o aumento da quantidade de água provoca alterações das propriedades físicas e mecânicas da argamassa propiciando a sua inutilização, como a alteração da resistência e trabalhabilidade;
- Para a resistência a compressão simples verificou-se que ocorreu um aumento gradual quando da incorporação de teores de 10% e 20% de resíduo quando comparado à argamassa de referência. Na idade de 28 dias obteve-se um crescimento na ordem de 32% para o teor de 10% de ROP e de 9% no teor de 20% de ROP. A argamassa com 10% de ROP em sua composição apresentou melhores resultados em relação a argamassa contendo 20% de ROP. Argamassas incorporadas com ROP podem proporcionar assim a redução dos custos com a utilização do cimento e promover uma alternativa de utilização do resíduo visando a diminuição do seu impacto ao meio ambiente, bem como ocorre com os danos causados pela produção do cimento Portland. Contudo, a verificação da possibilidade de utilização do ROP em argamassa viabiliza uma alternativa para o mercado da construção civil que demanda a todo tempo melhorias na constituição dos seus materiais, bem como visando encontrar meios para suprir as demandas de matéria prima, que na maioria das vezes se torna escassa.

#### REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro/RJ, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 2009.

AGUIAR, W. M. **O uso de fontes alternativas de energia como fator de desenvolvimento social para segmentos marginalizados da sociedade**. 2004. 91 p.

Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação de Engenharia em Ciências de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ANDRADE, A. G. SOLETTI, J. I. CARVALHO, S. H. V. **Tratamento de resíduos oleosos da indústria de petróleo.** 2009. Projeto de iniciação científica. Programa de bolsa para iniciação científica, Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

ANDRADE, M. R. A. et al. **Estudo da Incorporação da Borra Oleosa de Petróleo em Materiais Estabilizados por Solidificação.** 2015. Trabalho apresentado no 5º encontro regional de química, Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Mossoró.

BARBOSA, M.T.G. **Materiais de Construção Civil 1.** Notas de Aula. Universidade Federal de Juiz de Fora. Jun. 2011.

SANTOS, G. B. **Gerenciamento de resíduos na indústria de exploração e produção de petróleo: atendimento ao requisito de licenciamento ambiental no Brasil.** R. gest. sust. ambient., Florianópolis, vol. 1, n. 2, pp. 23- 35, 2013.

SELMO, *et al.* **Propriedades e especificações de argamassas industrializadas de múltiplo uso.** 2010. 27 f. Artigo. Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo. 2010.