



Desafios da sustentabilidade: Utilização de resíduos da indústria petrolífera na construção civil

Sustainability challenges: Use of petroleum industry waste in civil construction

Fernando Chagas de F. Sousa¹, José Bezerra da Silva², Camila Gonçalves Luz Nunes³, Ablenya Grangeiro de Barros⁴ & Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça⁵

Resumo: O concreto, atualmente, é um dos produtos mais consumidos no mundo, dentre os fatores responsáveis pelo alto consumo destacam-se: a facilidade em encontrar os materiais que o compõe, a um custo relativamente baixo; a excelente resistência à água; e ainda, o fato de apresentar-se como um material ecologicamente correto. As refinarias de petróleo juntamente com as indústrias petroquímicas produzem altas quantidades de resíduos oleosos. Estimativas mostram que uma indústria petroquímica ao processar 200 barris de petróleo em um dia, concebe 10.000m³ de borra oleosa de petróleo. Assim, este trabalho tem como objetivo principal, promover a sustentabilidade a partir da utilização de resíduo da indústria petrolífera para produção de concreto. Para isso, foram realizados ensaios para determinação da resistência a compressão simples no concreto produzido com teores de substituição do cimento por 5% e 10% de resíduo. Observou-se que ocorreu um aumento das resistências do concreto incorporado com o ROP de até 51% quando comparado ao concreto de referência, indicando uma possível interação química entre o cimento e o resíduo, acentuada pelo teor de sílica de 54%, principalmente por se tratar de um concreto seco. Concluindo que é possível a utilização deste resíduo na produção de concreto, contribuindo significativamente para a sustentabilidade ambiental por promover a redução do volume a ser descartado no meio ambiente, bem como a redução do consumo de matérias-primas convencionais.

Palavras-chave: *Sustentabilidade; Resíduos; Concreto; Meio ambiente.*

Abstract: Concrete is currently the second most consumed product in the world. Among the factors responsible for the high consumption of concrete, stand out: the ease in finding the materials that compose it, at a relatively low cost; excellent water resistance; and the fact that it presents itself as an ecologically correct material. Oil refineries along with the petrochemical industries produce high amounts of oily waste. Estimates shows that a petrochemical industry processing 200 barrels of oil in a day, conceives 10,000m³ of oil sludge. Thus, this work has as main objective to promote sustainability from the use of waste from the oil industry for concrete production. For this, tests were performed to determine the resistance to simple compression in concrete produced with cement substitution contents by 5% and 10% of residue. It was observed that there was an increase of the resistance of the incorporated concrete, with the ROP, up to 51% when compared to the reference concrete, indicating a possible chemical interaction between the cement and the residue, accentuated by the silica content of 54%, mainly because treating a dry concrete. Concluding that it is possible to use this residue in the production of concrete, contributing significantly to the environmental sustainability by promoting the reduction of the volume to be discarded in the environment, as well as the reduction of consumption of conventional raw materials.

Keywords: *Sustainability; Waste; Concrete; Environment.*

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 03/10/2017; aprovado em 30/06/2019

^{1,4}Graduação em Engenharia Civil, Estudante, Universidade Federal de Campina Grande, sousaf.figueiredo@gmail.com*, ablenyags@gmail.com;

²Doutor em Engenharia de Processos, Professor, Universidade Federal de Campina Grande, prbezerracg@gmail.com;

³Mestranda, Departamento de Engenharia de Engenharia Civil; Universidade Federal da Paraíba, camila.engcivil@gmail.com;

⁵Doutora em Engenharia de Materiais, professora, Universidade Federal de Campina Grande, ana.duartemendonca@gmail.com

INTRODUÇÃO

Apesar de ser o material mais recente na construção estrutural, o concreto de cimento Portland é o mais notável material no ramo da construção civil, podendo ser considerado como uma das descobertas mais significativas da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida (HELENE, 2010).

Relevado no fim do século XIX, o segundo material mais utilizado no mundo, já apresentou uma alta demanda no século posterior, transformando a arte de projetar e construir monumentos cujo progresso sempre esteve vinculado ao desenvolvimento dos povos ao longo da história da sociedade (HELENE, 2010).

De acordo com algumas estatísticas publicadas, a maioria das deficiências observadas nas construções são resultados de erros de projeto, deixando a desejar características como funcionalidade e durabilidade, indispensáveis a uma obra e, passando a evidenciar os desperdícios e a ineficiência da construção (BRANDÃO, 1998).

Um projeto bem elaborado, principalmente o estrutural, busca a racionalização da construção, uma vez que, ao apresentar uma solução eficiente, a economia passa a variar entre 15% e 20% do custo da obra. Para Brandão (1998), tal fato está cada vez mais evidente em empresas e países que associam a questão ambiental com a evolução, dispondo de uma melhor visão futurista.

A fim de propagar esse pensamento, duas sociedades entre as mais desenvolvidas atualmente – Canadá e Estados Unidos – consideram o investimento no estudo das estruturas de concreto como um dos investimentos mais relevantes no ramo de tecnologia e ciência, a fim de conservar a liderança de seu parque industrial, bem como a qualidade de vida da sociedade (HELENE, 2010). Ao seguir o pensamento dos autores anteriormente citados, percebe-se que ao aprofundar o conhecimento sobre o concreto, a indústria certifica-se do seu alto poder competitivo, tendo em vista que o estudo do material está inserido no conhecimento estrategista da inteligência dos países, juntamente com os recursos naturais, eletrônica, saúde, entre outros.

Entre esses estudos, encontram-se as incorporações de materiais alternativos na construção civil com características similares aos materiais tradicionalmente empregados. A exemplo disso tem a introdução de resíduo oleoso de petróleo em blocos estruturais de concreto simples, que move essa pesquisa.

Conforme Andrade et al (2015), as refinarias de petróleo juntamente com as indústrias petroquímicas produzem altas quantidades de resíduos oleoso. Segundo Gafarov et al, (2006), estimativas mostram que uma indústria petroquímica ao processar 200 barris de petróleo em um dia, concebe 10.000m³ de borra oleosa de petróleo.

O resíduo oleoso de petróleo contém altas concentrações de alcanos, cicloalcanos, tolueno, benzeno, fenóis, xilenos e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPAs) (ANDRADE et al, 2015). Com isso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 10004/2004), destina o resíduo oleoso a Classe I de periculosidade.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2003) a produção industrial brasileira havia desenvolvido 2,4% no ano anterior, sendo o setor de extração mineral com aumento de 10,7%, desempenhando maior impacto ambiental. Para Oliveira (2003), o desenvolvimento da atividade industrial, unido a inexistência de programas destinados ao gerenciamento de resíduos e uma política ambiental sem a efetividade necessária, tem sido a maior causa de degradação ambiental.

Durante um grande período, a maior preocupação das indústrias petrolíferas era apenas direcionada a redução do conteúdo de óleos, a fim de recuperar a quantia com valor comercial, existindo ao finalizar o processo um resíduo de caráter sólido ou semi-sólido conhecido como “borra de petróleo”, cujo valor comercial era desprezado (AMARAL, 1990).

Em uma pesquisa realizada no ano de 1996 pela Central de Tratamento de Efluentes Líquidos do Pólo Petroquímico de Camaçari (CETREL) no estado da Bahia, foi constatada a existência de 154.000 toneladas de borras, a qual vem sendo acrescida, anualmente, 12,5 mil toneladas.

Dessa maneira, visando garantir uma disposição segura do resíduo oleoso de petróleo, o material foi empregado na fabricação de blocos estruturais de concreto simples, com a finalidade de obter melhoras nas propriedades químicas, físicas e, principalmente, mecânicas dos blocos. Assim, este trabalho tem como objetivo principal, promover a sustentabilidade a partir da utilização de resíduo da indústria petrolífera para produção de concreto.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A importância do petróleo em nossa sociedade, tal como está atualmente organizada, é extensa e fundamental. O petróleo não é apenas uma das principais fontes de energia utilizadas pela humanidade. Além de sua importância como fornecedor de energia, os seus derivados são a matéria-prima para a manufatura de inúmeros bens de consumo, e, deste modo, têm um papel cada dia mais presente e relevante na vida das pessoas.

A importância do refino dentro de toda a cadeia produtiva do petróleo não se resume apenas ao ponto de vista estratégico. Do ponto de vista ambiental, as refinarias são grandes geradoras de poluição. Elas consomem grandes quantidades de água e de energia, produzem grandes quantidades de despejos líquidos, liberam diversos gases nocivos para a atmosfera e produzem resíduos sólidos de difícil tratamento e disposição (COSTA, 2010).

Em decorrência de tais fatos, a indústria de refino de petróleo, pode ser, e muitas vezes é, uma grande degradadora do meio ambiente, pois tem potencial para afetá-lo em todos os níveis: ar, água, solo e, conseqüentemente, a todos os seres vivos que habitam nosso planeta.

Apesar dos avanços tecnológicos que ocorreram neste último século, infelizmente, vários dos equipamentos e técnicas de refino utilizadas por muitas refinarias ao redor do mundo são relativamente primários, não tendo mudado muito ao longo das últimas décadas.

Entretanto, sabemos que o petróleo não deixará de apresentar a importância que possui ao longo dos próximos anos, a menos que haja alguma incrível e revolucionária descoberta de algum substituto a altura. Deste modo, podemos admitir que as refinarias irão continuar a existir, pelo menos enquanto as reservas de petróleo continuarem a ser exploradas e continuarem a produzir.

O desenvolvimento traz consigo a problemática da geração de resíduos, pois na busca de uma melhor “qualidade de vida”, tecnologias e matérias-primas são adotadas sem a preocupação com sua deposição. É necessário um destino ambientalmente correto para que estes resíduos, sejam eles classificados como tóxicos ou não. No Brasil, com o advento da lei de crimes ambientais (Lei 6938/1998), que responsabiliza o gerador do resíduo pela sua deposição final, as empresas e os órgãos ambientais têm se esforçado para que sejam empregadas técnicas de gerenciamento e deposição de resíduos adequadas.

A questão da poluição, não apenas aquela provocada pelas refinarias de petróleo, mas a produzida pela indústria de um modo geral, constitui não apenas um problema, mas também em um desafio para a gerência das empresas, que precisam se posicionar de maneira efetiva e eficaz perante a situação, abandonando, de uma vez por todas, a tendência de minimizar a questão, ou até mesmo fingir que a mesma não existe.

Algumas empresas procuram diminuir a poluição emanada por efluentes industriais através de técnicas ou processos de despejos. Apesar de esta medida ser eficaz, seu custo é relativamente elevado e tende a aumentar à proporção que as instalações envelhecem.

No processo de exploração de petróleo em Sergipe, são gerados aproximadamente 40.000 m³/dia de água oleosa, denominada de água produzida, a qual contém em torno de 1000 mg/L de óleos e graxas (TOG) e 200 mg/L de sólidos suspensos. Essas quantidades de água tendem a aumentar ao longo da vida produtiva do campo petrolífero, chegando a quase 100% no final da vida do poço.

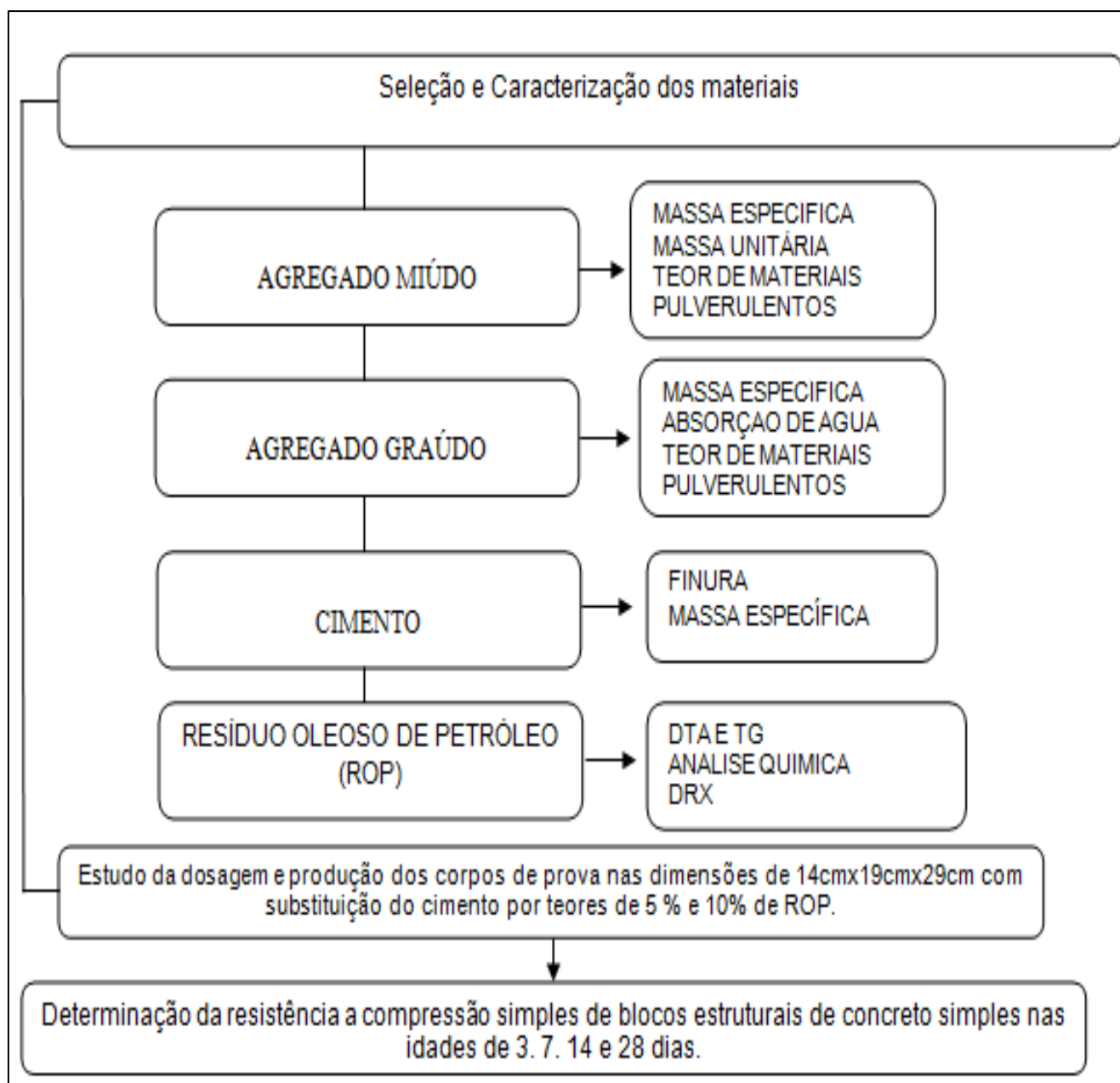
Deste modo através do reaproveitamento de resíduos de origem industrial responsáveis, anteriormente, por danos ambientais e impactos à saúde da população, ao adotar “Práticas Limpas” é possível melhorar a qualidade ambiental e ao mesmo tempo reduzir os custos inerentes aos processos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste estudo, foram utilizados os seguintes materiais: Resíduo Oleoso de Petróleo - ROP; Cimento: Cimento Portland CP V ARI de alta resistência inicial; Agregado miúdo: Areia quartzosa proveniente do leito do Rio Paraíba; Agregado Graúdo: Brita granítica com diâmetro máximo de 6,3mm; Água: Destinada ao consumo humano, fornecida pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA).

A Figura 1 ilustra o Fluxograma das etapas da pesquisa.

FIGURA 1: Fluxograma das etapas da pesquisa.



Inicialmente foi realizada a caracterização física, e químico-mineralógica do resíduo oleoso de petróleo, com a finalidade de determinar o seu estado de cominuição, componentes químicos e fases mineralógicas presentes. Em seguida, realizou-se a caracterização física do cimento e dos agregados.

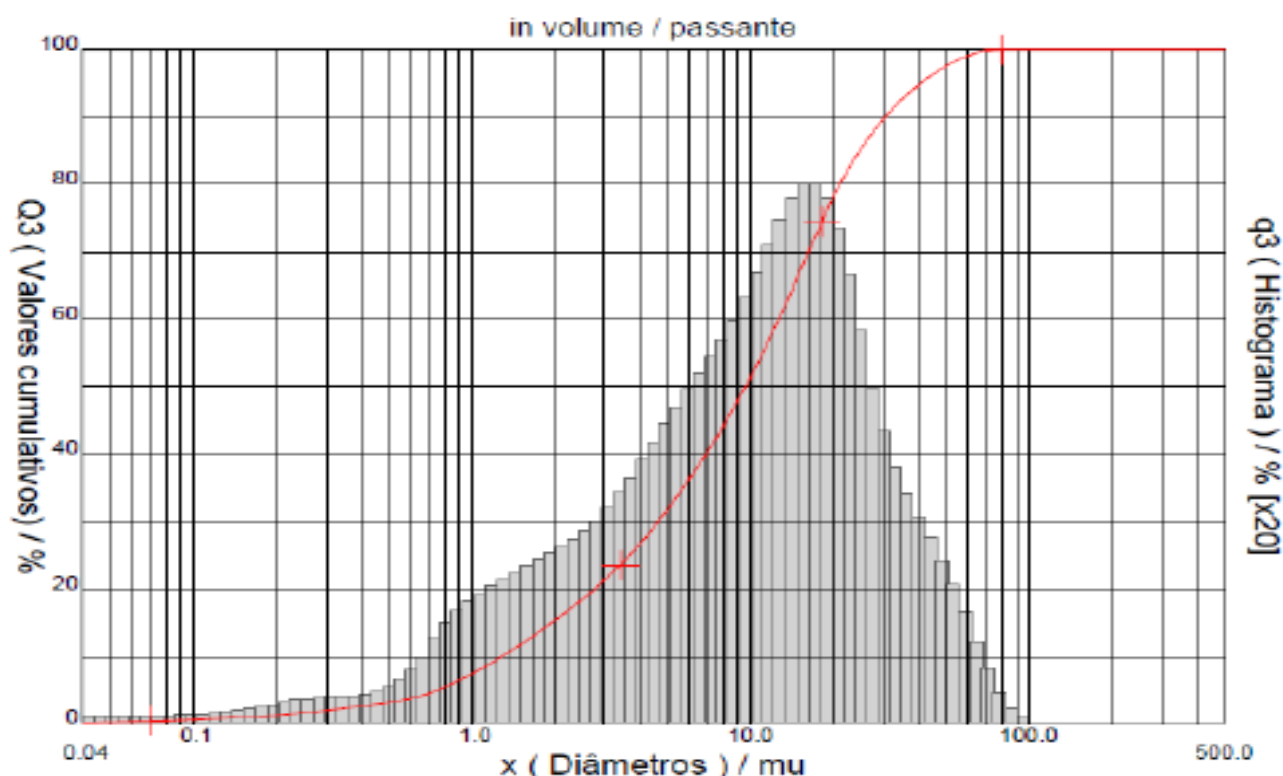
Após a caracterização dos materiais foi realizado um estudo da dosagem objetivando determinar o proporcionamento dos materiais a serem utilizados para confecção dos corpos de prova. Foram moldados corpos de prova nas dimensões de 14cmx19cmx29cm, com substituição parcial do cimento por resíduo oleoso de petróleo nos teores de 5,0%, e 10%. Em seguida foi realizado o ensaio para determinação da resistência a compressão simples nas idades de 3, 7, 14 e 28 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização Física, Química e Mineralógica do Resíduo Oleoso de Petróleo

A distribuição dos tamanhos das partículas do resíduo oleoso foi obtida através do aparelho analisador de partículas por difração a laser. A Figura 2 ilustra a curva de distribuição granulométrica por difração a laser do resíduo oleoso de petróleo.

FIGURA 2: Curvas de distribuição granulométrica por difração a laser do Resíduo Oleoso de Petróleo – ROP.



FONTE: MENDONÇA (2012).

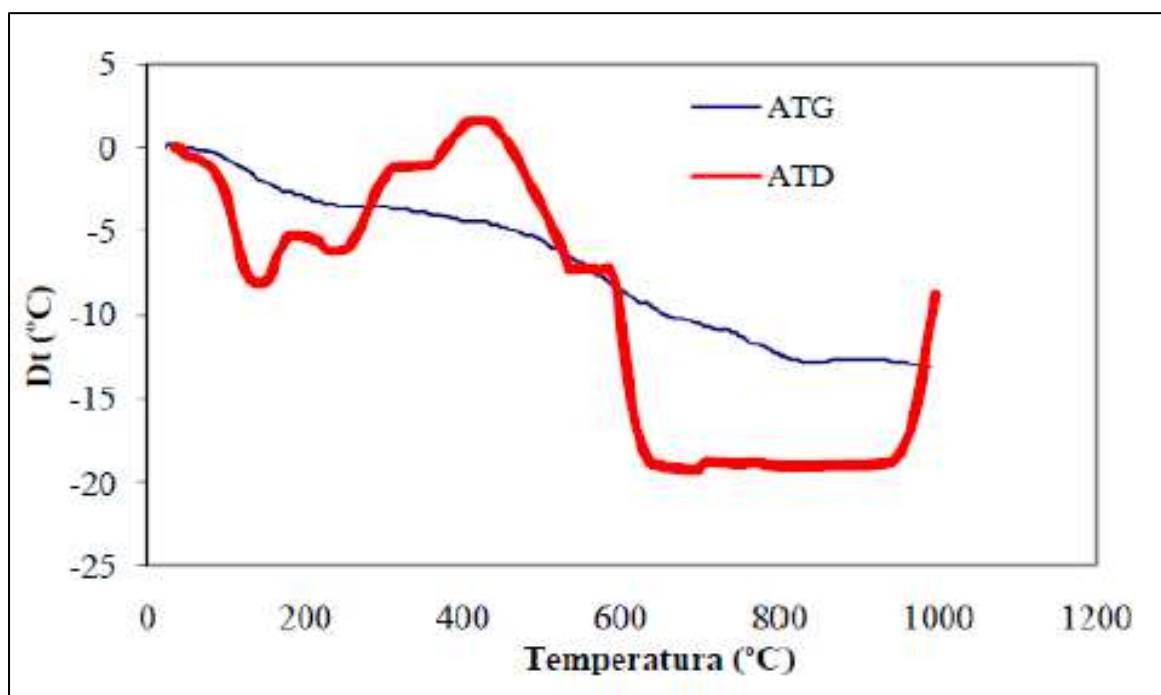
De acordo com o comportamento obtido para distribuição granulométrica do resíduo oleoso de petróleo, observa-se que a curva granulométrica apresentou comportamento modal com diâmetro médio de 13,28 μm , com D10 de 1,28 μm , D50 de 9,58 μm e D90 de 30,37 μm . Para este resíduo oleoso não existe partículas superiores a 100 μm . O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos a partir da análise química do resíduo oleoso.

QUADRO 1: Composição química do resíduo oleoso de petróleo.

	Determinações (%)									
ROP	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	BaO	SO ₃	MgO	K ₂ O	TiO ₂	Outros
Composição	58,43	17,06	7,01	5,73	3,26	2,52	2,23	1,82	1,6	0,27

Observa-se que o resíduo oleoso de petróleo é constituído basicamente por: Óxido de Silício (58%), Óxido de Alumínio (17%), Óxido de Ferro (7%), Óxido de Cálcio (5%), óxido de Bário (3%) e baixos teores de Óxidos de Enxofre, Magnésio, Potássio e Titânio. A composição química obtida para o resíduo oleoso classifica-o como sendo um complexo sílico-aluminoso. A Figura 3 ilustra os resultados da DTA e TG para o resíduo oleoso de petróleo.

FIGURA 3: Curvas de DTA e TG do resíduo oleoso de petróleo

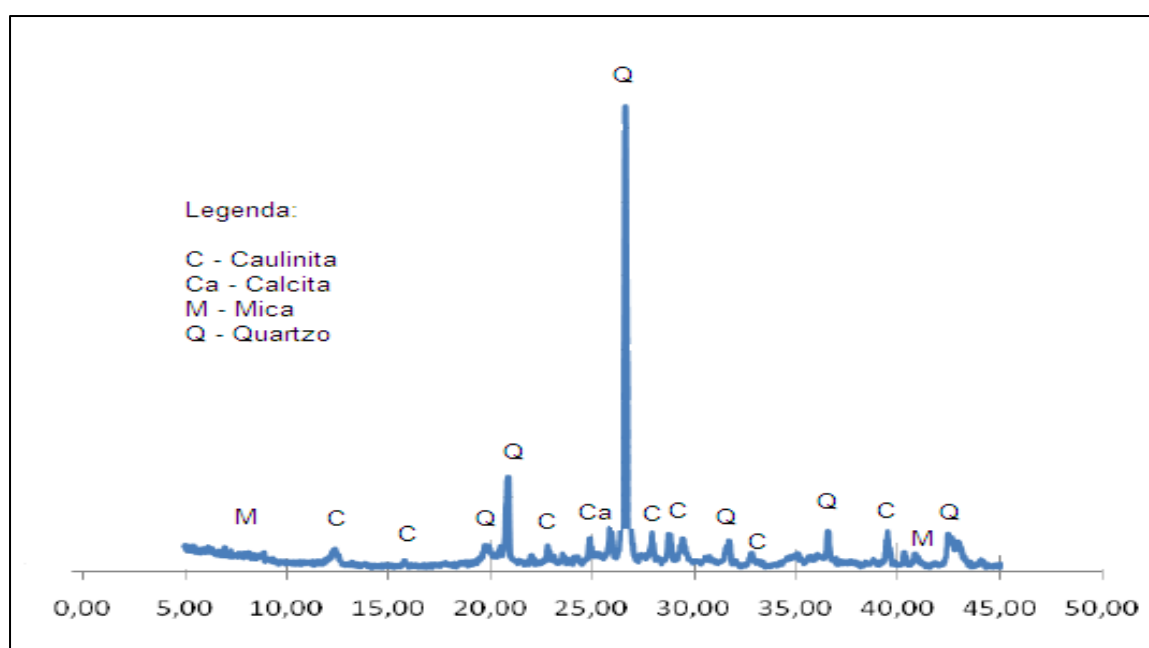


FONTE: MENDONÇA (2012).

Analisando as curvas de DTA do resíduo oleoso de petróleo, observa-se a presença de um pico endotérmico em torno de 190°C, correspondente a presença de água livre e adsorvida no material; pico exotérmico em torno de 320°C, correspondente à combustão de matéria orgânica; pico exotérmico a aproximadamente 412°C, correspondente à transformação do quartzo alfa para quartzo beta.

A partir da curva de análise termogravimétrica, observa-se que ocorreu uma perda de massa de 3,75% entre 25°C e 225°C, e de 8,25% entre 300°C e 850°C, totalizando uma perda de massa de 12%. A Figura 4 ilustra o difratograma de raios-X para o resíduo oleoso de petróleo.

FIGURA 4: Difratograma de raios-X do Resíduo Oleoso de Petróleo – ROP.



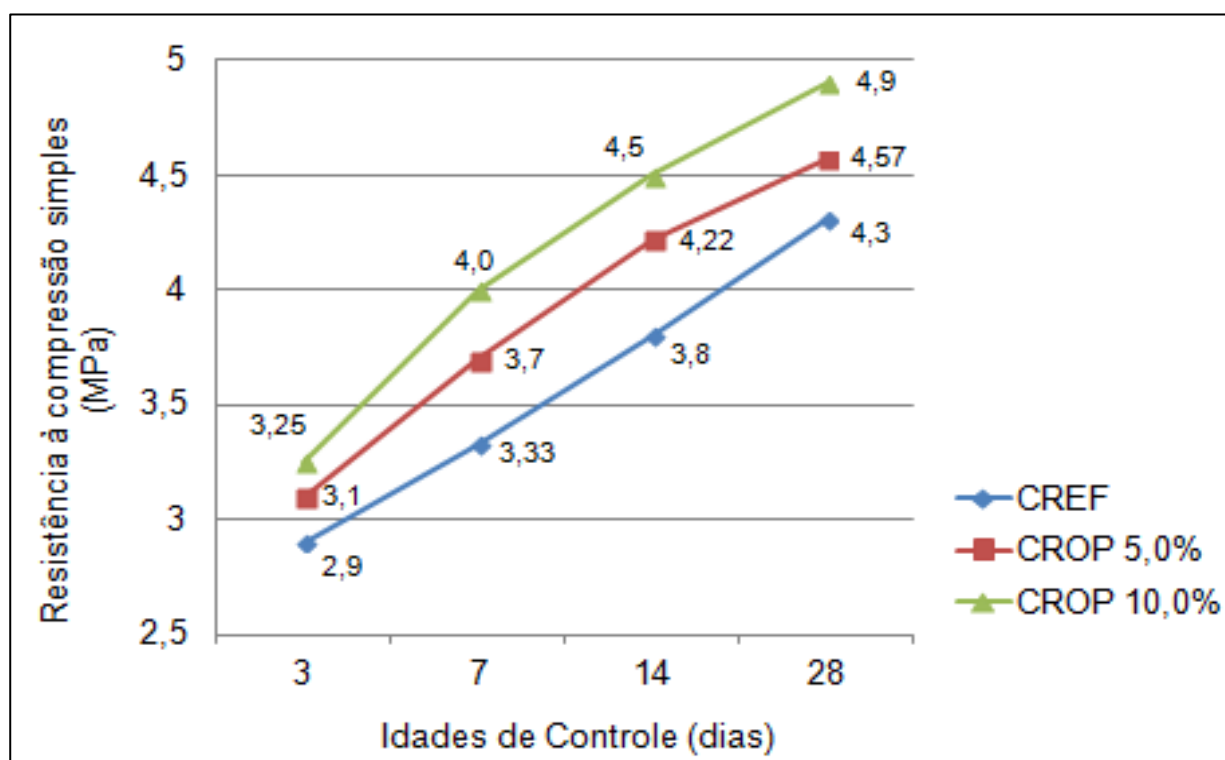
FONTE: MENDONÇA (2012).

Observa-se na Figura 4, que as fases mineralógicas presentes no Resíduo Oleoso de Petróleo são: quartzo, calcita, mica e caulinita.

Caracterização Mecânica dos Blocos de Concreto Simples incorporado com resíduo oleoso de petróleo

A Figura 5 ilustra as resistências médias, em MPa, do concreto de referência (CR) e do concreto com os teores de 5,0% e 10% de Resíduo Oleoso de Petróleo – ROP.

FIGURA 5: Resistência à compressão do Concreto (CR) e do Concreto com resíduo Oleoso de Petróleo.



FONTE: Dados da pesquisa (2017).

Observou-se que o concreto com a incorporação do resíduo oleoso de petróleo apresentou melhoria da resistência à compressão, indicando que provavelmente ocorreu uma interação química entre o cimento e o resíduo, visto que este apresentou teores de sílica de 54%, o que pode ter contribuído para acentuar a resistência do concreto especialmente por se tratar de um concreto seco.

CONCLUSÕES

Com base nos ensaios realizados e, posteriores resultados analisados, pode-se concluir que: os materiais submetidos aos ensaios, devidamente normatizados, apresentam características físicas adequadas para serem empregados na formação do concreto; a inclusão do resíduo oleoso de petróleo na constituição dos blocos estruturais de concreto de maneira a substituir parcialmente o cimento nos teores correspondentes a 5,0% e 10,0% refletiu em um aumento da resistência à compressão simples em todas as idades de controle observadas; a resistência máxima obtida refere-se ao teor de 10,0% de resíduo oleoso, aos 28 dias.

Tais resultados, possivelmente, foram devido a interação química existente entre o cimento e o resíduo, uma vez que o mesmo exibiu teores de sílica de 54%, favorecendo o aumento da resistência do concreto.

E, por fim, a inclusão do resíduo oleoso de petróleo na construção civil, passou a agregar valor ao material, além de minorar o descarte inadequado no meio ambiente, contribuindo significativamente para a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Agregados - Determinação da absorção e da massa específica do agregado graúdo – Método de ensaio. NBR NM 53. 8p. Rio de Janeiro, 2003.
- [2] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos. NBR 7219. Rio de Janeiro, 1987.
- [3] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Agregados – Determinação da composição granulométrica. NBR 7217. Rio de Janeiro, 1987.
- [4] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75µm. NBR 11579. Rio de Janeiro, 1991.
- [5] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Concreto – Determinação da Consistência pelo Abatimento do Tronco de Cone. NBR 67. Rio de Janeiro, 1998.
- [6] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Concreto – Determinação da Resistência à compressão simples. NBR 6136. Rio de Janeiro, 2014.
- [7] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Resíduos Sólidos – Classificação. NBR 10004. 71p. Rio de Janeiro, 2004.
- [8] ABREU, J.V. Produção de peças pré-moldadas de concreto. São Paulo, ABCP. / Curso sobre produção e controle de artefatos de cimento, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, abr. 2000.
- [9] AMARAL, S. P., DOMINGUES, G. H. Aplicação de resíduos oleosos na fabricação de materiais cerâmicos. Congresso Brasileiro de Petróleo, 4. Rio de Janeiro, 1990. Anais: Rio de Janeiro, IBP, 1990. 13p.

- [10] ANDRADE, M. R. de A.; ANJOS, D. A. dos; SOUSA, M. C. de; ARAÚJO, M. I. do B.; BRITO, A. L. F. de. Estudo da Incorporação da Borra Oleosa de Petróleo em Materiais Estabilizados por Solidificação. 5º Encontro Regional de Química & 4º Encontro Regional de Química. Blucher Chemistry Proceedings. v. 3. Nº 1. 2015.
- [11] BRANDÃO, A. M. da S. Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado – Aspectos relativos ao projeto. Dissertação de Mestrado, Escola de engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 1998.
- [12] COSTA, F. B. O impacto ambiental da implantação do COMPERJ na APA do engenho pequeno, São Gonçalo, RJ. Monografia, UCM, Niterói-RJ, 2010.
- [13] DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Agregado em estado solto – determinação da massa unitária. ME 152. Rio de Janeiro, 1995.
- [14] DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - Agregados – determinação da massa específica real. ME 085. Rio de Janeiro, 1994.
- [15] GAFAROV, A. B.; PANOV, A. V.; FILONOV, A. E.; BORONIN, A. M. Change in the composition of a bacterial association degrading aromatic compounds during oil sludge detoxification in a continuous-flow microbial reactor. Applied Biochemistry and Microbiology, New York, v. 42, n. 2, p. 160–165, 2006.
- [16] HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. Capítulo 29. IBRACON 2010.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2003.
- [17] ICDD - International Centre for Diffraction Data. 2003.
- [18] OLIVEIRA, D. M. de. Aplicação da técnica de solidificação/estabilização para resíduos oleosos da indústria petrolífera, utilizando solo argiloso e bentonita. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2003.