

## **EFEITOS DE TEMPERATURA EM CONCRETO CONVENCIONAL E FABRICADO COM ADITIVO DE BORRA OLEOSA DE PETRÓLEO**

Rafaely Angélica Fonseca Bandeira<sup>1</sup>; William Vieira Gomes<sup>2</sup>; Almir Mariano de Sousa Júnior<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN - [rafaely@ufersa.edu.br](mailto:rafaely@ufersa.edu.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros/RN - [willycarius@hotmail.com](mailto:willycarius@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN - [mariano.almir@ufersa.edu.br](mailto:mariano.almir@ufersa.edu.br)

### **RESUMO**

No mundo a indústria petrolífera é uma geradora em potencial de resíduos provenientes de suas atividades, que se dispostos de forma inadequada podem causar prejuízos irreversíveis ao meio ambiente. Na busca de tecnologias alternativa para uso destes resíduos sólidos, foi verificada a aplicabilidade da borra oleosa na indústria da construção civil. Foi investigada, no uso de concreto de baixa resistência, na construção de estruturas de concreto, tais como, fundações, vigas, vergas, pilares e lajes em pequenas construções ou que necessitem de resistências inferiores a 40 MPa (Megapascal), ou até mesmo na fabricação de elementos estruturais de concreto dentro da própria indústria petrolífera. Esta pesquisa se deu através práticas experimentais, onde foi verificada através de duas amostras distintas de borra oleosa de petróleo, a possibilidade de aproveitamento da mesma na fabricação do concreto, utilizando concentrações a 1,7% sobre o volume total de concreto produzido, e a 3,0% em massa sobre o fator água cimento do segundo experimento. Foram realizados ensaios de resistência à compressão simples de corpos de provas, analisando a resistência à compressão simples de corpos de prova expostos a temperaturas extremas 100°C, 292°C e 400°C, corpos de prova curados em temperatura ambiente. Foi verificado que no concreto aditivado a 1,7%, apresentou resposta positiva quando exposto a temperaturas de 400°C.

**Palavras-chave:** *Resistência a compressão; Concreto; Temperatura.*

### **1. INTRODUÇÃO**

A conexão entre indústria petrolífera e a de construção civil remonta a tempos muito antigos. Há relatos do uso de asfalto na edificação das pirâmides e na construção de estradas já na antiga Babilônia e no Egito. Nesse sentido, é notória a importância deste produto no desenvolvimento de edificações, propiciando assim o desenvolvimento das civilizações desde os tempos mais remotos até

o seu emprego em dias atuais [THOMAS, 2001].

A API (*American Petroleum Institute*) informa que todo o petróleo contém os mesmos hidrocarbonetos em quantidades diferentes. De forma simplificada, ele é um hidrocarboneto que apresentar formas de parafínicos normais, ramificados, cíclicos, insaturados ou aromáticos. Em sua composição pode apresentar, no entanto,

também quantidades de não hidrocarbonetos, tais como enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais [THOMAS, 2001].

Muitos produtos são gerados no processo de refino do petróleo, como a gasolina, diesel ou até mesmo produtos não tão apurados como a borra oleosa. Esta última é um tipo de óleo constituído de metais pesados, óleos, águas e argila, onde as concentrações irão variar de amostra para amostra, e é um material abundante. Devido a sua composição, ela não possui um destino ambiental definido, sendo que por vezes estes são acondicionadas em diques e ficam durante anos na natureza sem uma proposta de uso, surgindo aí a problemática ambiental que motiva tantos estudiosos a buscarem medidas alternativas para a aplicação desta matéria. A descoberta de tratamentos eficazes da borra oleosa de petróleo que possam ser implementados com viabilidade financeira e ambiental é uma necessidade urgente para a indústria de petróleo.

Tendo em vista os fatos citados, existem diversos estudos no Brasil e no mundo, que relacionam o uso de fibra de carbono no concreto com as melhorias que este produto pode gerar ao material, dessa forma, para Relvas [2003], o uso de novos elementos para reforços de estruturas de concreto armado que apresentam algum tipo de patologia é uma atividade cada vez mais intensa. Sabendo que

na composição na borra oleosa existem valores muito alto de carbono, é que faz-se interessante o estudo do incremento deste aditivo ao processo.

Segundo Callister [1997], as fibras de carbono possuem excelente resistência à fadiga, características de amortecimento de vibrações, resistência térmica e estabilidade dimensional, alto valor de resistência à tração, elevado módulo de elasticidade e baixa massa específica, podendo duplicar o módulo de elasticidade do concreto quando comparado a inserção de outros materiais, porém a sua aplicação em temperatura acima de 100°C gera microfissuras devido a evaporação da água.

Na busca de investigar o comportamento do concreto exposto a temperaturas extremas, é que foi viabilizado esse estudo. Onde se investigou a viabilidade técnica do uso da borra oleosa de petróleo para a fabricação de concreto de baixa resistência, analisando a resistência a compressão simples do concreto aditivado com borra oleosa em face do concreto fabricado sem o uso de aditivos. Se observou a resistência à compressão simples do concreto aditivado com borra oleosa e exposto a temperaturas de 100°C, 292°C e 400°C durante um determinado período de tempo, tomando como parâmetro a resistência

obtida no concreto fabricado sem aditivo de petróleo.

## 2. METODOLOGIA

Como percurso metodológico, foi realizado estudo de caso verificando a alteração das propriedades do concreto aditivado com borra oleosa em face ao concreto sem aditivo. Foram utilizadas duas amostras de borra oleosa de petróleo, denominadas BO1 e BO4 que foram coletadas na bacia potiguar no ano de 2014, oriundas do processo primário de diferentes separadores de água e óleo, e foi caracterizado por Lima, 2014.

O traço do concreto a ser utilizado para moldagem dos corpos de prova, foi escolhido com base no trabalho de Barboza e Bastos [2008], intitulado como traços de concreto para obras de pequeno porte. Os materiais utilizados para confecção desse concreto foi o agregado graúdo - brita 1 de granito, o agregado miúdo-areia e o aglomerante cimento foi o CP V ARI, além do aditivo a base de borra de petróleo, atendendo as NBR 5733 e 5737. A mistura dos materiais foi feita numa auxílio de uma betoneira de eixo inclinado, com capacidade de 145 litros.

Posteriormente, foi realizado o teste de determinação da consistência do concreto fresco pelo abatimento do tronco de cone,

com base na NBR NM 67/96; A amostragem foi obtida logo após a homogeneização da mistura sem o aditivo, onde foi retirada uma amostra de 1,5% do volume do total, conforme preconiza a NBR NM 33 (concreto - amostragem de concreto fresco).

Durante as primeiras 24 horas, os corpos de prova são armazenados em local protegido de intempéries. Após cumprido o período de cura inicial, os mesmos foram desmoldados e colocados no tanque de cura. Antes de ser passar pelo ensaio de compressão, o concreto deve ter as faces aplainada (retificada ou capeada), de forma que não haja falha na planicidade que venha interferir na resistência do concreto.

Foram confeccionados dois lotes de concreto usando a borra oleosa em proporções diferentes, para isso foi usados 30 litros de concreto fresco atendendo o que preconiza a NBR NM 33/94, moldando, posteriormente, 4 corpos de prova usando o molde de diâmetro 10 cm e 20 cm de altura. Em seguida, foi adicionado a borra com 1,7% do volume total, ou seja, 1,1 litros do aditivo borra de petróleo da amostra 1; este foi misturado por mais 5 minutos na betoneira e na sequência foi realizada a moldagem de 8 corpos de prova, com as mesmas dimensões do anterior.

Todos os corpos de prova foram desmoldados. Dessa forma, foi escolhido um corpo de prova sem aditivo, um com aditivo



da borra oleosa BO1 e outro corpo de prova com aditivo da borra oleosa e foi submetido a uma temperatura inicial de 110°C e uma temperatura final de 112°C, durante 1 hora em uma estufa. Retirou-se o material da estufa, e deixou descansar em temperatura ambiente durante 1 hora, a fim de estabilizar o material.

Na sequência, um corpo de prova com aditivo da borra oleosa foi submetido a uma temperatura inicial de 0°C e, posteriormente, a uma temperatura final de 292°C num processo que durou 3 horas em uma estufa. Os outros corpos de prova sem aditivo da borra oleosa BO4 e com aditivo da borra, foram submetidos a uma temperatura inicial de 200°C e uma temperatura final de 292°C, durante 2 horas. Decorrido esse tempo, o material foi retirado da estufa e permaneceu durante 46 horas a temperatura ambiente a fim de estabilizar o material.

Por fim, retificaram-se as superfícies das amostras com auxílio de uma retífica elétrica e em seguida foram realizados os testes de resistência à compressão simples em uma prensa, cuja capacidade de carga chega a 2000 KN. Os outros corpos que não foram usados nessa etapa, foram imersos em um tanque de cura, com água potável suficiente para cobri-los; estes ficarão submersos até a data de serem rompidos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão considerados os resultados obtidos no trabalho de Lima [2014], onde consta a composição da borra oleosa usada para a confecção do concreto. As amostras usadas para essa pesquisa foram a BO1 e BO4.

✓ O teor de cloro na BO1 é de 1,74%. Esse valor quando incrementado no concreto a uma proporção de 1,7% do volume total, dá aproximadamente 0,000288% de cloro.

✓ Teor de cloro na BO4 é de 0,91%. Esse valor quando incrementado no concreto a uma proporção de 3,0% do fator água cimento, dá aproximadamente 0,00003% de cloro no concreto.

✓ Teor de enxofre na BO1 é de 4,24%. Quando incrementado no concreto a uma proporção de 1,7% do volume total do concreto fabricado, tem-se aproximadamente 0,0007% de enxofre no concreto.

✓ Teor de enxofre na BO4 é de 0,41%. Esse valor quando incrementado no concreto a uma proporção de 3,0% do fator água cimento, dá aproximadamente 0,000001% de enxofre no concreto.

Os valores analisados indicam que quando a borra oleosa é diluída no volume total de concreto produzido, só fica traços de

cada elemento químico, o que leva a concluir que esses não podem ocasionar prejuízos ao desempenho do concreto.

Na análise elementar da borra oleosa de petróleo, foi identificado alto teor de carbono, com valores superiores a 85%, tanto para BO1 quanto para BO4. Esse fator influenciará benéficamente na propriedade do concreto endurecido, resistência a compressão do concreto.

Conforme Barboza e Bastos [2008], os traços usados em obras de pequeno porte são muito semelhantes, sendo que devido à forma que é preparado o traço, geralmente a variação na quantidade dos materiais é muito grande, pois cada operário responsável pela confecção do concreto preenche o carrinho sem controle da quantidade. O abatimento médio é de 17,3 cm, e mostra que, em geral, os pedreiros preferem trabalhar com concretos de alta fluidez, para possibilitar sua penetração em fôrmas estreitas e envolver as barras da armadura, sendo obtida com adição de grande quantidade de água. Como consequência, os concretos apresentam baixa resistência e alta porosidade.

A borra oleosa BO1 apresentou 43,0% menos oxigênio que a borra oleosa BO4. O oxigênio presente na borra oleosa de petróleo pode ser um problema, quando expuser a peça de concreto endurecido a temperaturas extremas, pois uma das características do

oxigênio é que ele tem risco de explosão sob a ação do calor; por isso, o ideal seria fazer a retirada do oxigênio da composição da borra antes do uso deste como aditivo para o concreto, e este pode ter sido um dos possíveis fatores da explosão de alguns corpos de prova.

Segundo WHITE MARTINS [2006], na FISPQ (Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) do hidrogênio, informa que esse gás é inflamável a alta pressão e que pode causar uma mistura explosiva com o ar, o que também pode ser um fator causador da desintegração do concreto.

Na análise elementar da borra oleosa foi detectado traços de nitrogênio, onde segundo a FISPQ emitida por THE LINDE GROUP [2013], este gás apresenta características explosivas se submetida ação do calor, o que torna esse como um possível fator da explosão do corpo de prova no ensaio realizado na mufla.

Vale ressaltar que a borra oleosa contém água em sua composição e que tanto as moléculas de hidrogênio quanto as de oxigênio são oriundas da água de constituição do produto. É necessário ressaltar também que o concreto convencional, sem aditivos, pode explodir diante de temperaturas extremas, pela dilatação dos agregados e pela perda da água de constituição. As resistências

obtidas no ensaio de resistência à compressão simples estão apresentadas na Tabela 1.

As nomenclaturas 1R, 2R, 3R e 4R, correspondem ao concreto fabricado sem adição de borra de petróleo. Já as amostras

5R, 6R, 7R, 8R, 9R, 10R, 11R e 12R, correspondem ao concreto fresco com a adição de 1,7% de borra oleosa relacionada ao volume total de concreto.

Tabela 1: Ensaio de resistência à compressão simples.

LOTE	DATA DA FABRICAÇÃO	TEMPO NA ESTUFA (MINUTOS)	TEMPERATURA AMBIENTE (HORAS)	AMOSTRA 1- BO1 (1,7%)		RESISTÊNCIA MPA			
				USO DA BORRA A 1,7%MA SSA/MASSA	TI-TF °C	24H	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
1 R	31/03/2015	-	-	NÃO	AMBIENTE	11,47	-	-	-
2 R	31/03/2015	-	-	NÃO	AMBIENTE	-	24,92	-	-
3 R	31/03/2015	-	-	NÃO	AMBIENTE	-	-	31,29	-
4 R	31/03/2015	-	-	NÃO	AMBIENTE	-	-	-	25,99
5 R	31/03/2015	-	-	SIM	AMBIENTE	-	-	-	14,96
6 R	31/03/2015	20,00	168,00	SIM	0°C- 400°C	-	-	-	16,16
7 R	31/03/2015	-	-	SIM	AMBIENTE	-	-	-	PERDIDA
8 R	31/03/2015	-	-	SIM	AMBIENTE	-	-	14,07	-
9 R	31/03/2015	-	-	SIM	AMBIENTE	-	17,91	-	-
10 R	31/03/2015	180,00	22,00	SIM	0°C- 292°C	-	17,51	-	-
11 R	31/03/2015	-	-	SIM	AMBIENTE	8,38	-	-	-
12 R	31/03/2015	60,00	1,00	SIM	110°C- 112°C	8,41	-	-	-

Fonte: Autoria própria, 2015.

Foi observado que em teste realizado após decorridas 24 horas da fabricação, que o concreto aditivado sem sofrer exposição a temperatura apresentou 26,93,0% menos resistência a compressão simples que o concreto convencional. Já o concreto aditivado e calcinado a 112°C, durante 1 hora,

apresentou 26,67% menos resistência a compressão que o concreto convencional, no entanto, mesmo exposto a temperatura não perdeu resistência quando relacionado ao concreto aditivado que não sofreu temperatura, lote 1R.

No teste de resistência a compressão após 7 dias da fabricação, que o concreto aditivado sem sofrer exposição a temperatura apresentou 28,13,0% menos resistência a

compressão simples que o concreto convencional. Já o concreto aditivado e calcinado a 292°C, durante 3 horas, apresentou 29,73,0% menos resistência à compressão que o concreto convencional, e que quando relacionado ao concreto aditivado que não sofreu exposição à temperatura, o concreto calcinado perdeu 2,23% de resistência à compressão.

Depois de decorridos 28 dias da fabricação, o concreto aditivado sem sofrer exposição a temperatura (Lote 4R), apresentou 42,43% menos resistência a compressão simples que o concreto convencional. Já o concreto aditivado e calcinado a 400°C, durante 20 minutos, apresentou 37,82% menos resistência a compressão que o concreto convencional, e uma vez relacionado ao concreto aditivado que não sofreu exposição a temperatura, o concreto calcinado a ganhou 7,42% de resistência a compressão.

Analisando o aspecto da exposição a temperatura, esse produto resistiu bem no primeiro teste realizado após as 24 horas da confecção do concreto, pois quando em face ao mesmo tipo de concreto aditivado esse teve um pequeno ganho na resistência a compressão simples quando exposto a 112°C, durante 1 hora. Quando o concreto aditivado com a borra oleosa foi exposto a 292°C,

durante 3 horas, teve uma pequena perda de resistência a compressão, quando em face do concreto aditivado que não passou por temperaturas extremas. E por fim, quando o concreto aditivado foi calcinado a temperatura extrema de 400°C, este teve um ganho de resistência se comparado ao mesmo concreto aditivado e não calcinado. Sendo assim, é possível afirmar que no parâmetro temperatura, este concreto aditivado apresenta boas resistências.

Apesar da perda de resistência do concreto aditivado, quando comparado ao concreto convencional, a resistência obtida ainda é indicada para construção de edificações de pequeno porte, que recebam pequenas cargas ou que precisem resistir até aproximadamente 14 MPA; também é indicado para edificações que precisem receber temperaturas extremas de até 400°C em curto espaço de tempo, ou temperaturas de aproximadamente 100°C em espaços de tempo maiores.

Foi realizada a fabricação de um lote de concreto onde do 1R2 ao 4R2, foi feita a mistura do concreto sem usar adição de borra oleosa e nos lotes de 5R2 a 12R2 foram fabricados corpos de prova usando aditivo a 3,0% da borra oleosa de petróleo BO4 relacionada ao fator água cimento, está entrando substituindo a água.

Tabela 2: Ensaio de resistência à compressão simples.

AMOSTRA 2- BO4									
LOTE	DATA CONFECCÃO	TEMPO FORNO (MINUTOS)	TEMPERATUR A AMBIENTE (HORAS)	ADITIVO A 3,0 % AGUA/ CIMENTO	TI-TF °C	RESISTÊNCIA MPA			
						24H	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
1 R 2	07/04/2015	-	-	-	AMBIENTE	7,23	-	-	-
2 R 2	07/04/2015	120,00	46,00	-	200°C- 292°C	-	-	-	-
3 R 2	07/04/2015	300,00	96,00	-	AMBIENTE	-	-	12,68	-
4 R 2	07/04/2015	-	-	-	AMBIENTE	-	-	-	20,798
5 R 2	07/04/2015	-	-	SIM	AMBIENTE	-	-	-	21,13
6 R 2	07/04/2015	20,00	336,00	SIM	0°C- 400°C	-	-	-	*
7 R 2	07/04/2015	-	-	SIM	AMBIENTE	-	-	-	22,49
8 R 2	07/04/2015	-	-	SIM	AMBIENTE	-	9,54	-	-
9 R 2	07/04/2015	-	-	SIM	AMBIENTE	-	-	21,47	-
10 R 2	07/04/2015	300,00	96,00	SIM	0°C- 292°C	-	-	8,94	-
11 R 2	07/04/2015	-	-	SIM	AMBIENTE	7,44	-	-	-
12 R 2	07/04/2015	180,00	46	SIM	0°C- 292°C	-	9,79	-	-

Fonte: Autoria própria, 2015.

Após 3 dias da fabricação do concreto, foi verificado que o concreto calcinado a uma temperatura de 292°C durante 3 horas, demonstrou ser 2,55% mais resistente do que o concreto aditivado e não exposto a temperatura, lote 12 R 2.

No teste realizado aos 7 dias da fabricação do concreto, o concreto aditivado atingiu uma resistência superior ao concreto convencional; sendo que neste ensaio, o concreto aditivado apresentou 40,94% a mais de resistência do que o concreto convencional. Já relacionando o concreto aditivado e calcinado a temperatura de 292°C, durante 5 horas com o concreto aditivado que não teve exposição a temperatura, o exposto a

temperatura ficou com 58,36% a menos de resistência a compressão. E quando relacionando o concreto calcinado com o convencional, o convencional apresentou 29,49% mais resistência que o calcinado.

Aos 28 dias, o concreto atinge a sua resistência máxima, foi verificado que a amostra 5R2 do concreto aditivado apresentou 1,57% de resistência a mais que o concreto convencional. E a amostra 7R2 de concreto aditivado, apresentou 7,53% de resistência superior ao concreto convencional.

Sob a ótica dos efeitos da temperatura neste concreto aditivado aos 3 dias da confecção do concreto, verificou-se que uma vez calcinado a 292°C durante 3 horas, este



**II CONEPETRO**

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

ofereceu um ganho de resistência a compressão se comparado ao mesmo concreto aditivado e não calcinado; ou seja este pode ser indicado para situações extremas que precisem receber temperaturas de até 292°C, durante um curto intervalo de tempo, de até 3 horas, conforme foi verificado em laboratório. Já para exposição a essa mesma temperatura, durante 5 horas verificou-se que houve uma perda de resistência considerável, o que o torna não viável para situações em que a edificação precise sofrer temperaturas de até 292°C, em intervalos maiores do que 3 horas. E por fim, aos 28 dias, este concreto aditivado foi testado a uma temperatura de 400°C e desintegrou-se, reforçando que o mesmo se inviável para edificações que precisem receber temperaturas superiores a 292°C, em períodos de tempo superiores a 3 horas.

Diante do exposto, é possível verificar que esse traço formulado para concreto a ser aditivado com 3,0% de borra oleosa, é uma alternativa viável para edificações de pequeno porte, que não precisem sofrer efeitos de temperaturas extremas superiores a 292°C, durante intervalos de tempo superiores a 3

horas. Considerando que, este concreto quando exposto somente a temperatura ambiente apresentou resistência a compressão melhor que o concreto convencional em todos os ensaios realizados.

Segundo Marcelli [2007], para temperaturas superiores a 400°C, começa a existir a perda de água ligada quimicamente ao concreto; nessas condições, ocorrerá uma queda considerável na resistência do concreto. Para concretos que empregam cimento Portland comum e agregados usuais, temperaturas de até 300°C alteram muito pouco as suas qualidades mecânicas; para temperaturas mais elevadas, é preferível a utilização de cimento aluminoso e pozolânico.

Em caso de incêndio, o que ocorre com o concreto depende em grande parte do comportamento do agregado quando diante de elevadas temperaturas. Os agregados se comportam bem até 300°C; acima desse valor eles começam a ter uma dilatação excessiva, provocando o fissuramento do concreto. A Tabela 3 apresenta as alterações de resistência do concreto devido a exposição a temperaturas elevadas.



Tabela 3: Resistência do concreto exposto a temperaturas elevadas.

Alterações na resistência do concreto devido a elevação de temperatura		
Temperatura (°C)	Tração (%)	Compressão (%)
100	100	100
200	70	85
300	40	75
400	20	50
800	5	50

Fonte: Marcelli, 2007.

## 4. CONCLUSÕES

Foi verificado que o concreto aditivado com borra oleosa aditivado a 1,7% esteve exposto e que esteve exposto até a temperatura de 400°C e não apresentou problema. Em contrapartida, o concreto aditivado a 3%, na temperatura de 400°C, se desintegrou.

Existem estudos, que foram apontam em seu referencial teórico, que a partir de 300°C os agregados do concreto começam a dilatar, o que possibilita a desintegração do concreto, sendo esta uma das prováveis causas do extravio do corpo de prova do lote 2, 6 R 2. Outra causa para a possível explosão do corpo de prova, quando submetido a temperatura mencionada, são os gases (oxigênio, nitrogênio e hidrogênio) existentes na borra oleosa de petróleo.

Outra característica verificada durante a fabricação e o usinamento do concreto aditivado com borra oleosa de petróleo, seja

esta a BO 1 ou a BO 4, foi a melhora na fluidez e trabalhabilidade do concreto; características estas muito importantes para a acomodação e moldagem do concreto nas formas e um ganho considerável nas propriedades do concreto fresco.

Os elementos químicos presentes na borra oleosa (alumínio, cálcio, cloro, cobre, enxofre, ferro, fósforo, magnésio, níquel, potássio, silício e sódio), que foram detectados na análise elementar da parte inorgânica das borras, não causará prejuízo as propriedades do concreto, pois quando diluído no volume total, em termos percentuais, este torna-se apenas traços de elementos no concreto.

As NR (Norma Regulamentadora) nº6, nº 9 e a NR nº 15, emitidas pela portaria 3.214 de 1978 do Ministério do Trabalho e Emprego, que trata sobre Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e de riscos

ambientais, falam sobre o risco químico, que será um novo risco incrementado a essa atividade quando inserido o uso desse resíduo químico. Para a manipulação segura desse produto, faz-se necessário o uso de equipamentos de segurança tais como: Luvas impermeáveis, óculos de segurança e máscaras que protejam contra vapores orgânicos e gases ácidos.

O concreto proposto nesta pesquisa pode ser uma opção viável de uso em pisos e contrapisos, fabricação de fundações do tipo sapatas, pilares, vigas, vergas, contra vergas, sendo que pelas resistências encontradas este se mostra viável ao uso em construções de

casas, prédios de pequenos portes, galpões, pisos industriais, fabricação de fossas e sumidouros, de vigas, confecção de lajes maciças e pré-moldadas, bases de tanques de petróleo, entre outros elementos estruturais, seja dentro ou fora da indústria petrolífera.

Sendo assim, é possível afirmar que o concreto aditivado com borra oleosa de petróleo, a 1,7%, bem como a 3,0% são propostas viáveis de destinação deste produto, desde que o projeto estrutural solicite as resistências encontradas nos ensaios laboratoriais, ou exposição a temperaturas extremas até o limite aqui estudado.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733**: Cimento Portland com Alta Resistência Inicial. Rio de Janeiro: ABNT, 1990;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5737**: Cimentos portland resistentes a sulfatos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NM 67**: Concreto- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone . 1ª Edição. Mercosul, 1996;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. 2ª Edição. Rio de Janeiro: ABNT, 2015;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 33**: Concreto- Amostragem de concreto fresco. Mercosul, 1994;

BARBOZA, Marcos R.; BASTOS, Paulo Sérgio. **Traços de concreto para obras de pequeno porte**. São Paulo, 2008. Disponível em: <  
[http://www.feb.unesp.br/pbastos/site\\_paulo/Artigo%20Tracos%20Concreto-Paulo%20Bastos.pdf](http://www.feb.unesp.br/pbastos/site_paulo/Artigo%20Tracos%20Concreto-Paulo%20Bastos.pdf)>  
Acesso em 12 de abril de 2015.



**II CONEPETRO**

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978: **NR 6 – EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL – EPI** Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D36A2800001388130953C1EFB/NR-06%20%28atualizada%29%202011.pdf>> Acesso em 07 de janeiro de 2014.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978: **NR 9 – PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS**. Disponível em: [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808148EC2E5E014961B76D3533A2/NR-09%20\(atualizada%202014\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808148EC2E5E014961B76D3533A2/NR-09%20(atualizada%202014)%20II.pdf) Acesso em 20 de setembro de 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978: **NR 15 – ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES**. Disponível em: [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF2FA9E54BC6/nr\\_15\\_APENDICE1.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF2FA9E54BC6/nr_15_APENDICE1.pdf) Acesso em 22 de setembro de 2015.

Callister, W. D. **Materials Science and Engineering**. Nova York: Ed. John Wiley & Sons. Inc, 1997.

LIMA, Cícero de Souza. **Pirólise da borra oleosa de petróleo utilizando nanomateriais**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2014.

MARCELLI, Maurício. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Editora Pini, 2007.

RELVAS, Fernando José. **REFORÇO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO, Á FLEXÃO, COM FIBRA DE CARBONO - CURSO PRÁTICO DE DIAGNÓSTICO, REPARO, PROTEÇÃO E REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**. ABECE- Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <[http://www.exataweb.com.br/downloads/abece03\\_relvas.pdf](http://www.exataweb.com.br/downloads/abece03_relvas.pdf)> Acesso em 21 de agosto de 2015.

THE LINDE GROUP. **Ficha de Emergência**. Disponível em: <[http://www.linde-gas.com.br/international/web/lg/br/likelgbr.nsf/RepositoryByAlias/FISPQ-n/\\$FILE/FISPQ-NITROGENIO-COMPRIMIDO-ONU1066.pdf](http://www.linde-gas.com.br/international/web/lg/br/likelgbr.nsf/RepositoryByAlias/FISPQ-n/$FILE/FISPQ-NITROGENIO-COMPRIMIDO-ONU1066.pdf)>. Acesso em 25 de agosto de 2015.

THOMAS, José Eduardo; TRIGGIA, Attilio Alberto; CORREIA, Carlos Alberto; VEROTTI, Clodoveu Filho; XAVIER, José Augusto Daniel; MACHADO, José Carlos Vieira; SOUZA FILHO, José Erasmo de; PAULA, José Luiz de; ROSSI, Nereu Carlos Milani de; PITOMBO, Nilton Emanuel Santos; GOUVEA, Paulo Cezar Vaz de; CARVALHO, Renato de Souza; BARRAGAN, Roberto Vinicius. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 1 Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 2001.

WHITE MARTINS: **Ficha de Emergência**. Disponível em: <<http://www.proplad.ufu.br/sites/proplad.ufu.br/files/GasesEsp-Hidrogenio-FISPQ-04604.pdf>>. Acesso em: 25 de agosto de 2015.

[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)