



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Vinícius Rodrigues Neres

UTILIZAÇÃO DO BIO-ÓLEO DA CASCA DE ARROZ COMO ADITIVO PLASTIFICANTE NO CONCRETO

Palmas – TO

2019

Vinícius Rodrigues Neres

UTILIZAÇÃO DO BIO-ÓLEO DA CASCA DE ARROZ COMO ADITIVO
PLASTIFICANTE NO CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Dênis Cardoso Parente.

Palmas – TO

2019

Vinícius Rodrigues Neres
UTILIZAÇÃO DO BIO-ÓLEO DA CASCA DE ARROZ COMO ADITIVO
PLASTIFICANTE NO CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Dênis Cardoso Parente.

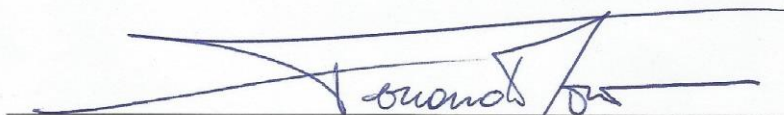
Aprovado em: 13 / 11 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. MSc. Dênis Cardoso Parente.

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. MSc. Fernando Moreno Suarte Júnior

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. João Pedro Noletto Barbosa

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins por estar sempre de portas abertas, dando total liberdade para realização deste estudo na sua primeira etapa. Agradeço, principalmente ao professor doutor Marcelo Mendes Pedroza por me auxiliar nos procedimentos laboratoriais e disponibilizar o laboratório (LARSEN), para produção do bio-óleo, material principal deste estudo.

Ao Centro Universitário Luterano de Palmas - CEULP/ULBRA, que disponibilizou o Laboratório de Materiais e Estruturas para realização da segunda etapa do meu projeto.

Ao Prof. M.e Dênis Cardoso Parente por ter aberto as portas para minha pesquisa e ter acreditado no projeto.

Ao meu pai, Reinaldo Amaral Neres que meu deu todo apoio financeiro e emocional para chegar até aqui.

À minha família que sempre me incentivou e me deu todo apoio desde sempre, Régis Rodrigues (irmão), Débora Lygia (irmã), Matheus Gomes (irmão), Gabriel Gomes (irmão), Silvia Maria (madrasta) e Cláudio Gomes (cunhado).

Agradeço também minha namorada Ailla Cristina que me deu amor, apoio e compreensão e sempre acreditou em mim.

Ao corpo docente do curso de engenharia civil do CEULP/ULBRA, professores que nos inspiram e nos fazem querer ser profissionais éticos e competentes iguais a eles.

Por fim agradeço especialmente a minha mãe que mesmo não estando mais presente sempre me incentivou a estudar e ser uma pessoa melhor, me dando todo amor e educação.

RESUMO

NERES, Vinícius Rodrigues. **Utilização do bio-óleo da casca de arroz como aditivo plastificante no concreto**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Este trabalho é baseado em ensaios laboratoriais, na primeira etapa foi produzido o bio-óleo derivado da casca de arroz através do processo de pirolise e na segunda etapa foi produzido o concreto com adições de bio-óleo de 0,5%, 1,0% e um concreto referência como base de análise. Assim realizamos ensaios de abatimento (slump-test) e tempo de início e fim de pega para o concreto no estado fresco, onde tentamos embasar nossa teoria, propondo que o bio-óleo possui características de um aditivo plastificante devido a presença de hidrocarbonetos, e no estado endurecido realizamos ensaios de compressão, buscando analisar o seu desempenho mecânico. Por fim fizemos uma análise estatística utilizando o método ANOVA e o teste Tukey para aferir a veracidade dos resultados. A finalidade desse estudo é apresentar um novo potencial aditivo e consequentemente agregar valor a casca de arroz, matéria que é descartada no meio ambiente em grande parte sem nenhum controle.

Palavras-chave: Bio-óleo, Aditivo plastificante, Concreto, Trabalhabilidade, Resistência mecânica.

ABSTRACT

NERES, Vinícius Rodrigues. **Use of rice husk bio-oil as a plasticizer additive in concrete.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019

This work is based on laboratory tests, in the first stage the rice husk bio-oil was produced through the pyrolysis process and in the second stage the concrete was produced with 0.5%, 1.0 bio-oil additions. % is a concrete reference as the basis of analysis. Thus we performed slump-testing and start-and-finish time for fresh concrete, where we tried to base our theory, proposing that the bio-oil has characteristics of a plasticizer additive due to the presence of hydrocarbons, and In the hardened state we performed compression tests, seeking to analyze its mechanical performance. Finally we made a statistical analysis using the ANOVA method and Tukey test to check the veracity of the results. The purpose of this study is to present a new additive potential and consequently add value to rice husk, a matter that is largely discarded in the environment without any control.

Keywords: Bio-oil, Plasticizer additive, Concrete, Workability, Mechanical resistance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Principais componentes da biomassa lignocelulósica e suas transformações mediante tratamento térmico. Fonte: (ALMEIDA, 2010, p.14)-----	15
Figura 2 – Esquema do desenvolvimento microestrutural da pasta durante a hidratação. ----	17
Figura 3 - briquete da casca de arroz / estufa -----	23
Figura 4 – Reator de pirólise com sistema de condensação de vapores -----	24
Figura 5 – Representação do planejamento experimental utilizado na pirólise -----	24
Figura 6 - Curva de Walz (RODRIGUES (1998), p.18) -----	27
Figura 7 - Molde cilíndrico (Fonte: www.solocap.com.br , 2019) -----	29
Figura 8 - Ensaio de resistência a compressão-----	30
Figura 9 - Conjunto Slump Test (Fonte: http://www.solocap.com.br , 2019) -----	31
Figura 10 - Esquema de medida do abatimento (ABNT NBR NM 67:1998, p.8)-----	31
Figura 11 - Aparelho Vicat -----	32
Figura 12 - Gráfico de tempo de Pega -----	35
Figura 13 - Resistências Médias -----	37
Figura 14 - teste ANOVA (7 dias)-----	39
Figura 15 -Teste Tukey (7 dias)-----	40
Figura 16 - Teste ANOVA (14 dias) -----	40
Figura 17 - Teste Tukey (14 dias) -----	41
Figura 18 - Teste ANOVA (28 dias) -----	41
Figura 19 - Teste Tukey (28 dias) -----	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos materiais lignocelulósicos -----	13
Tabela 2 – componentes do cimento Portland, expressos como compostos individuais dos óxidos do clínquer, e suas abreviações-----	16
Tabela 3 - Limites de composição do cimento Portland (porcentagem de massa) -----	18
Tabela 4 – Níveis dos Fatores empregados no Planejamento Experimental, durante a Pirólise de casca de arroz em reator de leito fixo-----	25
Tabela 5 - Rendimentos do procedimento experimental -----	25
Tabela 6 - Características dos materiais.-----	26
Tabela 7 - Característica do Concreto-----	26
Tabela 8 - Determinação do consumo de água (RODRIGUES (1998), p.20)-----	27
Tabela 9 - Determinação do teor de consumo de agregado graúdo (RODRIGUES (1998), p.20) -----	28
Tabela 10 - Traço unitário de massa (kg) pelo método ABCP -----	28
Tabela 11 – Abatimento do concreto-----	34
Tabela 12 - Tempo de início e fim de pega -----	34
Tabela 13 - Resistência a compressão-----	35
Tabela 14 - Resistência a compressão-----	36
Tabela 15 - Resistência a compressão-----	36
Tabela 16 - Resistências Médias do Concreto Endurecido -----	36
Tabela 17 - Intervalos de confiança -----	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SOSBAI	Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado
CONAB	Companhia Nacional de abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
MF	Módulo de Finura
DMC	Dimensão Máxima Característica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
LARSEN	Laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética
Fck	Resistência característica do concreto à compressão, em Mpa
Fcj	Resistência média do concreto à compressão a j dias de idade, em Mpa No caso deste trabalho j igual a 28 dias.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.2 HIPÓTESE	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 Objetivo Geral	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
1.4 JUSTIFICATIVA	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 PANORAMA GERAL DO ARROZ.....	13
2.2 CONSTITUIÇÃO QUÍMICA DA CASCA DE ARROZ	13
2.3 PIRÓLISE.....	14
2.4 CONCRETO.....	15
2.5 CIMENTO PORTLAND.....	16
2.6 AGREGADOS PARA CONCRETO	18
2.7 ADITIVOS	19
2.8 DOSAGEM DO ADITIVO	21
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 1ª ETAPA.....	23
3.2 2ª ETAPA.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 ANÁLISE DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO	34
4.2 ANÁLISE DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO	35
5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	38
6 CONCLUSÃO.....	43
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXOS	49
ANEXO 1 – COMPOSTOS IDENTIFICADOS NO BIO-ÓLEO	50
ANEXO 2 - TABELA PARA VALORES CRÍTICOS DE F	52
APÊNDICES.....	53
APÊNDICE A - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO.....	54
APÊNDICE B – COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO.....	55
APÊNDICE C – MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO GRAÚDO	56
APÊNDICE D – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO	57

1 INTRODUÇÃO

O Manual Do Concreto Dosado Em Central (2007), diz que ao contrário do que se pensa, os aditivos são bastante antigos. Já eram utilizados pelos romanos muito antes da existência do concreto de cimento Portland como conhecemos. Naquele período, eles usavam clara de ovo, sangue de animal e outros ingredientes como aditivos. Já os aditivos como hoje os conhecemos começaram sua evolução a partir do início do século XXI.

Para alcançar uma resistência alta e manter uma boa trabalhabilidade faz-se necessário a utilização de aditivos ou adição mineral ao concreto, para que as propriedades desejadas sejam asseguradas. Conforme diz Martins (2005), a melhor forma de amenizar uma acentuada taxa de perda de abatimento ou de recuperá-la no canteiro de obras, é o uso de aditivos químicos.

Este procedimento é recomendado por diversos pesquisadores, principalmente em função destes produtos não alterarem significativamente propriedades importantes do concreto, como resistência à compressão e durabilidade, podendo até melhorá-las se utilizados corretamente.

Os principais aditivos utilizados no Brasil são: retardadores, incorporadores de ar, plastificantes, superplastificantes (e seus derivados, como plastificantes aceleradores e plastificantes retardadores) e aceleradores.

Algumas alternativas estão sendo estudadas por pesquisadores, como por exemplo, a utilização de biomassas residuais do setor agrícola na produção do concreto. O objeto de pesquisa deste estudo é a casca de arroz, material rico em sílica. A biomassa da casca de arroz já tem funcionalidade em vários setores indústria sendo tema de pesquisas em vários âmbitos acadêmicos, podemos destacar sua utilização em usinas de biomassa devido a sua alta capacidade calorífica.

“Como a cinza contém alto teor de sílica (~92%), isto a torna um resíduo valorizado. No entanto essa cinza só terá alto valor econômico se tiver alta qualidade, que é mensurada pela alta superfície específica, tamanho e pureza de partícula. Consequentemente, seria um grande desperdício de matéria-prima nobre jogá-la fora, já que pode ser usada em vários ramos industriais, tais como: eletrônica, construção civil, cerâmica, indústria química, fabricação de células fotovoltaicas, entre outros.” (HOFFMANN, 2002, p. 3).”

Porém esta biomassa continua sendo descartada de forma incorreta, ou queimada de forma indiscriminada, em lugares do país onde há baixa tecnologia disponível para o uso ou descarte adequado. Nessa perspectiva, percebe-se a necessidade de avaliar melhor a biomassa e propor uma nova utilização.

Este trabalho tem como objetivo o estudo da influência da adição de um bio-óleo derivado da casca de arroz pelo processo de pirólise, no comportamento do concreto, mantendo

uma relação constante de água para cimento (a/c). Serão analisadas diferentes dosagens do aditivo (bio-óleo) na busca de uma melhor trabalhabilidade e desempenho mecânico do concreto.

No estado endurecido será analisado o concreto com o aditivo, produzido em laboratório, e submeteremos os mesmos a ensaios de resistência a compressão e abatimento (slump-test) para que possamos testar a eficácia do bio-óleo. No estado fresco utilizaremos a pasta de cimento com o bio-óleo em diferentes teores, assim será analisado o tempo de pega através de ensaios.

1.2 HIPÓTESE

Almeida (2010) mostrou no seu estudo sobre pirólise rápida de casca de arroz (mestrado), que o bio-óleo mostrou-se rico em compostos oxigenados (fenóis, cetonas e ácidos carboxílicos), principais componentes dos aditivos plastificantes segundo Sponholz (1998), assim temos um indicador que o bio-óleo pode ter um efeito de aditivo plastificante no concreto e na pasta de cimento.

A ABNT NBR 11768:2011 define aditivo plastificante como aquele que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite reduzir seu conteúdo de água; ou como aquele aditivo que, sem alterar a quantidade de água, modifica a consistência do concreto, aumentando o abatimento e a fluidez; ou, ainda, como aquele aditivo que produz estes dois efeitos simultaneamente. Permite uma redução de água de pelo menos 5%.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da adição do bio-óleo da casca de arroz no concreto, verificando as características físicas e mecânicas de corpos de prova e pasta de cimento com diferentes teores de bio-óleo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o desempenho do concreto a compressão no estado endurecido com adição de diferentes teores de bio-óleo (0,5 e 1,0%) através do ensaio da NBR 5739:2007.
- Determinar a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento com adição de diferentes teores de bio-óleo (0,5 e 1,0%), através do ensaio da NBR NM 67:1998.
- Determinação do tempo de pega da pasta de cimento Portland com adição de bio-óleo em dois teores diferentes (0,5 e 1,0%), através do ensaio da NBR NM 65:2003.

1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com Almeida (2010), a indústria agrícola é responsável pela geração de um grande volume de resíduos, a casca de arroz, por exemplo, não tem valor comercial devido à sua dureza, fibrosidade e abrasividade, assim é depositada em grandes áreas rurais.

Segundo Mayer (2006) a casca leva aproximadamente 5 anos para se decompor e exala um volume elevado de gás metano (CH_4). De acordo com a EMBRAPA (1998), “o metano é um importante gás de efeito estufa e influencia fortemente a fotoquímica da atmosfera”. Esta prática é muito comum devido à logística, pois a casca apresenta baixa densidade necessitando de um grande volume para sua disposição e consequentemente aumenta a dificuldade e os custos de transporte.

Walter & Rossato (2010) diz que ao ser utilizada como adubo em lavouras de arroz, a casca também entra em decomposição e gera gás metano. Este destino não é muito vantajoso para o agricultor já que a casca do arroz não possui muitos nutrientes. Outro destino comum é o lançamento da casca em rios, o que provoca passivos ambientais às unidades beneficiadoras de arroz por multas de órgão fiscalizadores e gastos com recuperação do ambiente degradado.

Este trabalho propõe uma nova forma de utilização para esta biomassa que degrada o meio ambiente, gerando valor comercial e ganhando outra funcionalidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PANORAMA GERAL DO ARROZ

Segundo o Boletim “ARROZ IRRIGADO: Recomendações da Pesquisa para o sul do Brasil”, SOSBAI (2018), o arroz é um dos alimentos mais importantes para nutrição humana, sendo a base alimentar de mais de três bilhões de pessoas, trata-se do segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando área aproximadamente de 161 milhões de hectares. São produzidos 756,5 milhões de toneladas de grãos correspondente a 29% do total de grãos usados na alimentação humana.

De acordo com a SOSBAI (2018), o Brasil, teve uma produção anual, base casca, entre 11 e 13 milhões de toneladas de arroz nas safras dos últimos anos, participa com 78% da produção do Mercosul (na média de 2009/10 até 2017/18), seguido pelo Uruguai, Argentina e, por último, o Paraguai.

Contudo como qualquer outro produto derivado do plantio a quantidade de resíduos é substancial devido a sua larga produção. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Rio Grande do Sul produziu em média mais de 9 mil toneladas para safra de 2009, obtendo mais de 20% de resíduo de casca de arroz como subproduto.

2.2 CONSTITUIÇÃO QUÍMICA DA CASCA DE ARROZ

De acordo com Almeida (2010), os principais componentes da casca de arroz são celulose, hemicelulose, lignina e minerais, composição variável de acordo com o tipo de solo e condições da cultura. O resíduo inorgânico contém em média, 95 a 98%, em peso, de sílica na forma hidratada, complementando 13 a 29% do total da casca. A tabela 1 mostra algumas características, composições, em média e processamentos de materiais lignocelulósicos.

Tabela 1 – Características dos materiais lignocelulósicos

Componentes	Características	Composição	Processamento
Celulose	polímeros de glicose com alta massa molecular que são mantidos rigidamente juntos como feixes de fibras para fornecer força ao material. Presente em regiões cristalina e amorfa. Insolúvel em álcalis.	Cerca de 40% em peso da biomassa.	Podem ser quebrados em açúcares e eventualmente fermentados para produção de etanol.
Hemicelulose	polímeros pequenos de vários açúcares de celulose. Presente somente em regiões amorfas. Solúvel em álcalis.	Cerca de 25% em peso da biomassa.	
Lignina	polímero tridimensional de fenilpropânico que é infiltrado no componente hemicelulose.	Cerca de 20% em peso da biomassa.	Pode ser quimicamente processada para produzir aditivos de combustíveis, ou degradada por microorganismos, produzindo fenóis, vanilina e outros componentes.

Fonte: SANTOS (2011)

Tamanini e Haully (2004), através de um estudo detectaram a composição química parciais de alguns materiais lignocelulósicos, na casca de arroz, foi aferido as seguintes composições percentuais: celulose 43,5%, hemicelulose 22% e lignina 17,2%.

2.3 PIRÓLISE

A pirólise pode ser definida como a degradação térmica do material orgânico na ausência parcial ou total de um agente oxidante, ou mesmo num ambiente com uma concentração de oxigênio capaz de impedir a gaseificação intensiva do material orgânico. A pirólise ocorre, geralmente, a uma temperatura, variando de 400 ° C, até ao início do sistema de gaseificação (PEDROZA et al., 2010, 2011).

Gómez (2002) diz que o estudo dos mecanismos de pirólise e o conhecimento da influência de determinadas variáveis de processo sobre a distribuição dos produtos têm permitido realizar modificações na base tecnológica, logrando-se obter proporções específicas de líquidos, gases e sólidos. Desta forma, por exemplo, através do aumento da taxa de aquecimento e variando a temperatura à qual se verifica o processo, têm aparecido novos métodos de pirólise, como a pirólise do tipo rápida, a qual oferece elevados rendimentos de líquidos, neste caso de bio-óleo, com valores que podem estar perto de 70% (base seca).

De acordo com Perez et al (2010 p. 733) a pirólise rápida caracteriza-se “pela degradação do combustível sólido em ausência de oxigênio em um curto tempo de reação, da ordem de poucos segundos”. O produto da pirólise é o bio-óleo, mas também podem ser produzidos o carvão em pó, extrato ácido e gases.

A biomassa que utilizaremos é a casca de arroz, biomassa lignocelulósica que possui características importantes. Os materiais lignocelulósicos são constituídos de estruturas duras e fibrosas, compostas principalmente pelos polissacarídeos celulose e hemicelulose (aproximadamente 70% da massa seca), intercalados por lignina, uma macromolécula composta de álcoois aromáticos. A lignina encontra-se fortemente unida aos polissacarídeos por ligações covalentes e hidrogênicas.

Dependendo da origem do vegetal, podem ser encontrados nos materiais lignocelulósicos pequenas quantidades de resinas, ácidos graxos, fenóis, taninos, compostos nitrogenados e sais minerais de cálcio, potássio e magnésio. A Figura 1 exhibe a estrutura lignocelulósica e os produtos dessa biomassa após a pirólise.

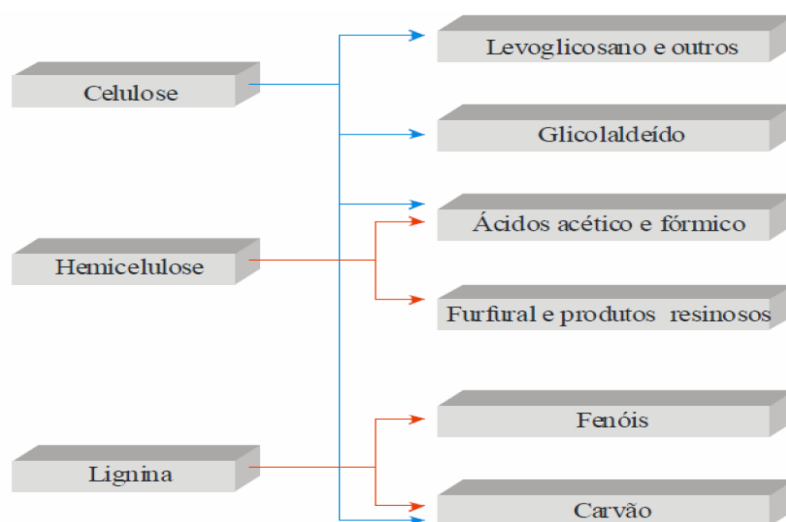


Figura 1 – Principais componentes da biomassa lignocelulósica e suas transformações mediante tratamento térmico. Fonte: (ALMEIDA, 2010, p.14)

Almeida (2010) defini pirólise rápida com um processo físico-químico no qual a biomassa é aquecida a altas temperaturas em torno de 700°C na presença de N₂ (gás de arraste). Na sequência ocorre a condensação, dando lugar à formação de um resíduo sólido rico em carbono, de um material inorgânico inerte (carvão e cinzas) e de uma fração volátil composta de gases e vapores orgânicos condensáveis (bio-óleo).

2.4 CONCRETO

Neville e Brooks (2013) define concreto como qualquer produto ou massa produzido a partir do uso de um meio cimentante. Geralmente esse meio é o produto da reação entre um cimento hidráulico e água, mas atualmente mesmo essa definição pode cobrir uma larga gama de produtos. Diversos tipos de produtos podem ser utilizados na produção do concreto, temos vários tipos de cimentos podendo conter adições minerais, aditivos entre outros.

Em termos reológicos, FERRARIS (1999) diz que o concreto pode ser entendido como uma concentração de partículas sólidas em suspensão (agregados) em um líquido viscoso (pasta de cimento). A pasta de cimento, por sua vez, não se configura como um líquido homogêneo, sendo composta por partículas (grãos de cimento) e um líquido (água). De um ponto de vista macroscópico, diz-se que o concreto flui como um líquido.

Porém sabemos que devido ao clima e o ambiente, são necessárias características específicas no concreto para que tenha a sua vida útil garantida, critérios esses estabelecidos pela NBR 6118:2014, fazendo considerações e prescrições com o objetivo de garantir durabilidade das estruturas de concreto armado.

2.5 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem ultrafina de “clínquer Portland” e do sulfato de cálcio ou gesso, o aglomerante hidráulico é todo composto que necessita de água para reagir, uma vez que hidratado ele adquire uma estrutura rígida e compacta, não retornando ao seu estado inicial, (FERNANDES, 2007).

Embora o cimento Portland consista essencialmente de vários compostos de cálcio, os resultados de análises químicas de rotina são expressos em termos de óxidos dos elementos presentes. Além disso, costuma-se designar os componentes do cimento usando-se abreviações conforme apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – componentes do cimento Portland, expressos como compostos individuais dos óxidos do clínquer, e suas abreviações

óxido	abreviação	composto	abreviação
CaO	C	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_3S
SiO_2	S	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_2S
Al_2O_3	A	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Fe_2O_3	F	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF
MgO	M	$4\text{CaO}.3\text{Al}_2\text{O}_3.\text{SO}_3$	$\text{C}_4\text{A}_3\text{S}$
SO_3	$\bar{\text{S}}$	$3\text{CaO}.2\text{SiO}_2.3\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$
H_2O	H	$\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}\bar{\text{S}}\text{H}_2$

Fonte: (SEGRE, 1999, p.01)

A hidratação do cimento segundo Alves (2000), consiste basicamente na reação entre os grãos de cimento anidro e a água. Deste processo de hidratação resultam três fases distintas: silicatos de cálcio hidratados (C-S-H), cristais de hidróxido de cálcio e sulfoaluminato de cálcio conforme a figura 2. A resistência do concreto está ligada diretamente a fase C-S-H, é importante que esteja o mais densa possível.

Conforme Freitas (2007 apud COUTINHO, 1999), a ligação entre o agregado e a pasta de cimento ocorre devido à rugosidade superficial do agregado, devido às propriedades químicas do cimento e do agregado e devido às propriedades eletrostáticas da superfície das partículas.

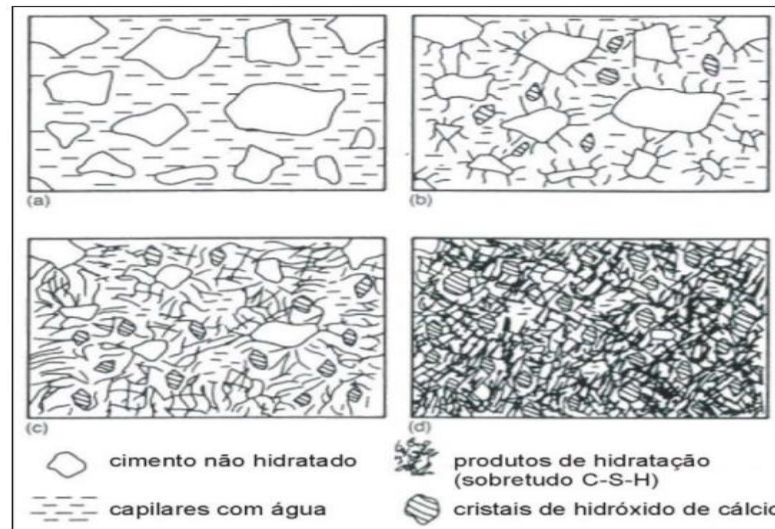


Figura 2 – Esquema do desenvolvimento microestrutural da pasta durante a hidratação.
Fonte: (Domone, 1994)

Segundo COUTINHO (1999), existem os seguintes tipos de ligação entre a pasta de cimento e os agregados:

- mecânica – ligação macroscópica, ocorre devido à rugosidade superficial do agregado na qual os cristais oriundos da hidratação do cimento envolvem as protuberâncias;
- absorção – o agregado absorve água contendo parte do cimento dissolvido, o qual, se cristaliza dentro do agregado ao mesmo tempo em que o da pasta, ligando-os;
- atração – entre a pasta de cimento e os agregados por forças de Van der Waals;
- aderência – de origem química devida à reação entre os produtos de hidratação do cimento e a superfície do agregado.

O concreto é considerado fresco até o início da pega do aglomerante (cimento Portland). Uma mistura considerada de boa qualidade não deve segregar e tem que garantir facilidade no transporte, adensamento e lançamento. A fim de atender tais exigências, deve-se avaliar a consistência, plasticidade e trabalhabilidade (ARAÚJO et al., 2000. Pag. 51).

Tabela 3 - Limites de composição do cimento Portland (porcentagem de massa)

Designação normalizada	Sigla	Classe de resistência	Sufixo	Clinker + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozzolânico	Material carbonático
Cimento Portland comum	CP I	25, 32 ou 40	RS ou BC	95 – 100	0 – 5		
	CP I-S			90 – 94	0	0	6 – 10
Cimento Portland composto com escória granulada de alto-forno	CP II-E			51 – 94	6 – 34	0	0 – 15
Cimento Portland composto com material pozzolânico	CP II-Z			71 – 94	0	6 – 14	0 – 15
Cimento Portland composto com material carbonático	CP II-F			75 – 89	0	0	11 – 25
Cimento Portland de alto forno	CP III			25 – 65	35 – 75	0	0 – 10
Cimento Portland pozzolânico	CP IV			45 – 85	0	15 – 50	0 – 10
Cimento Portland de alta resistência inicial	CP V ^a	ARI	RS ou BC	90 – 100	0	0	0 – 10
Cimento Portland branco	Estrutural	25, 32 ou 40		75 – 100	–	–	0 – 25
	Não estrutural	–		50 – 74	–	–	26 – 50

^a No caso de cimento Portland de alta resistência inicial resistente a sulfatos (CP V-ARI RS), podem ser adicionadas escórias granuladas de alto-forno ou materiais pozzolânicos.

Fonte: ABNT 16697:2018

O cimento que utilizamos nesse estudo é cimento Portland de alto forno CP II que é especificado pela ABNT NBR 16697:2018. Nele contém clínquer e sulfatos de cálcio na proporção de 51 a 94%, escória granulada de alto forno na proporção de 6 a 34% e material carbonático de 0 a 15%, proporções estas em relação a massa do cimento como mostra a tabela 3.

2.6 AGREGADOS PARA CONCRETO

De acordo com a NBR 9935 (ABNT,2011), agregado é todo material de formato granular que possua dimensões e características passíveis de serem incorporadas a argamassas e concretos, podendo ser de origem natural, quando extraídos diretamente da natureza, ou de origem artificial, tendo sua estrutura original alterada por algum processo químico ou físico-químico.

Para Metha e Monteiro (2014) os agregados utilizados no concreto devem ser classificados conforme a dimensão máxima de suas partículas e suas características são definidas quanto absorção d'água e porosidade, granulometria, forma e textura superficial, resistência a compressão e abrasão e tipos de substâncias deletérias presentes. Tais características são herdadas da rocha mãe, concebidas por intempéries e uso de equipamentos para a extração.

Os agregados compõem aproximadamente 60 a 80% da massa de concreto. São materiais que, quando comparados aos demais, não possuem valor monetário tão significativo e não reagem de forma significativa com a água, por esse motivo são considerados como material de enchimento inerte (TARTUCE e GIOVANETTI, 1990).

A NBR 7211:2019 divide os agregados em dois grupos, os agregados miúdos são areias de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambas, cujos grãos passam pela peneira ABNT de 4,8 mm (peneira de malha quadrada com abertura nominal de “x” mm, neste caso 4,8 mm) e ficam retidos na peneira ABNT 0,150 mm.

Já os agregados graúdos são os pedregulhos naturais, ou a pedra britada proveniente do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam pela peneira ABNT 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8 mm.

2.7 ADITIVOS

Segundo a ABNT NBR 11768:2011, aditivo é o produto adicionado durante o processo de preparação do concreto, em quantidade não maior que 5 % da massa de material cimentício contida no mesmo, com o objetivo de modificar suas propriedades no estado fresco e/ou no estado endurecido.

Para o caso de concreto projetado, a dosagem pode ser superior a 5%. Os aditivos químicos atuam frequentemente nas propriedades reológicas do concreto e alteram as reações de hidratação do cimento: melhoram a trabalhabilidade, modificam a viscosidade, atuam na retenção de água, aceleram ou retardam o tempo de pega, controlam o desenvolvimento de resistências mecânicas, intensificam a resistência à ação do congelamento, diminuem a fissuração térmica, atenuam as consequências do ataque por sulfatos, reação álcali-agregado e corrosão de armadura, entre outras propriedades.

A efetividade de cada aditivo pode variar dependendo de sua concentração no concreto, tipo de material cimentício, temperatura ambiente e dos materiais constituintes do concreto, energia de mistura, tempo de adição e variação dos constituintes deles. Além do efeito principal, os aditivos podem apresentar algum efeito secundário, modificando certas propriedades no concreto.

A norma NBR 11768 (ABNT, 2011) classifica os aditivos como:

- Aditivo redutor de água / plastificante: aditivo que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite a redução do conteúdo de água de um concreto; ou que, sem alterar a quantidade de água, modifica a consistência do concreto, aumentando o abatimento ou fluidez; ou, ainda, aditivo que produz os dois efeitos simultaneamente. Podem apresentar funções secundárias de retardo de pega (plastificante retardador – PR) e aceleração de pega (plastificante acelerador – PA), ou não possuir função secundária sobre a pega (plastificante – PN). Esses tipos de aditivos são utilizados para três propósitos segundo Neville e Brooks (2013):

- a) Para obter uma resistência mais elevada pela redução da relação água/cimento;

- b) Para obter a mesma trabalhabilidade pela redução do teor de cimento, bem como para reduzir o calor de hidratação em concreto massa;
- c) Para aumentar a trabalhabilidade de modo a facilitar o lançamento em locais de difícil acesso.

- Aditivo de alta redução de água /superplastificante tipo I:

Os superplastificantes são utilizados para produzir concreto com fluidez elevada. Este aditivo que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite elevada redução no conteúdo de água de um concreto; ou que, sem alterar a quantidade de água, aumenta consideravelmente o abatimento e a fluidez do concreto. Podem apresentar funções secundárias de retardo de pega (superplastificante tipo I retardador – SPI-R) e aceleração de pega (superplastificante tipo I acelerador – SPI-A), ou não possuir função secundária sobre a pega (superplastificante tipo I – SPI-N).

- Aditivo de alta redução de água/ superplastificante tipo II: aditivo que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite uma elevadíssima redução no conteúdo de água de um concreto; ou que, sem alterar a quantidade de água, aumenta consideravelmente o abatimento e a fluidez do concreto; ou, ainda, aditivo que produz esses dois efeitos simultaneamente. Podem apresentar funções secundárias de retardo de pega (superplastificante tipo II retardador – SPII-R) e aceleração de pega (superplastificante tipo II acelerador – SPII-A), ou não possuir função secundária sobre a pega (superplastificante tipo II – SPII-N).

- Aditivo incorporador de ar (IA): aditivo que permite incorporação, durante o amassamento do concreto, uma quantidade controlada de pequenas bolhas de ar, uniformemente distribuídas, que permanecem no material no estado endurecido.

- Aditivo acelerador de pega (AP): aditivo que diminui o tempo de transição do concreto do estado plástico para o estado endurecido.

- Aditivo acelerador de resistência (AR): aditivo que aumenta a taxa de desenvolvimento das resistências iniciais do concreto, com ou sem modificação do tempo de pega.

- Aditivo retardador de pega (RP): aditivo que aumenta o tempo de transição do concreto do estado plástico para o estado endurecido.

Outras nomenclaturas usuais no mercado:

- Aditivos polifuncionais/multifuncionais: são aditivos químicos redutores de água/plastificantes, que permitem dosagens superiores aos plastificantes convencionais, conferindo maior trabalhabilidade e/ou redução de água.

- Hiperplastificantes: definido pela ABNT NBR 11768:2011 como aditivo de alta redução de água/ superplastificante Tipo II. Além dos aditivos classificados pela norma ABNT

NBR 11768:2011, existem outros chamados de aditivos especiais, utilizados em casos mais específicos. Seguem alguns exemplos:

- Aditivos modificadores de viscosidade;
- Aditivos inibidores de corrosão;
- Aditivos redutores de permeabilidade capilar;
- Aditivos retentores de água;
- Aditivos aceleradores para concreto projetado;
- Aditivos redutores de reação álcali-agregado;
- Aditivos para preparação de concreto extrusado e vibro-prensado;
- Aditivos controladores de hidratação;
- Aditivos expansores.
- Aditivos redutores e compensadores de retração por secagem;

Os primeiros aditivos redutores de água desenvolvidos, chamados de plastificantes, apresentam uma capacidade de redução de água $> 5\%$ com relação ao concreto sem aditivo. Com o avanço da indústria química surgiu a primeira geração de aditivos redutores de água de alta eficiência, os classificados como superplastificantes tipo I, que permitem maior redução da quantidade de água $> 12\%$, e podem ser utilizados em dosagens mais elevadas sem comprometer significativamente a hidratação do cimento.

A última geração de aditivos superplastificantes são os classificados de superplastificantes tipo II. Dentre outras vantagens, oferecem altas taxas de redução de água $> 20\%$ e, dependendo das características da base química do aditivo e a dosagem utilizada, oferecem grande manutenção de trabalhabilidade, sem o comprometimento de pega e até favorecendo significativamente as resistências mecânicas.

2.8 DOSAGEM DO ADITIVO

Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI, 2015), define em seu manual de aditivos para concreto que se costuma denotar o consumo de um aditivo em um traço de concreto em termos de sua massa sobre a massa de cimento.

Vale ressaltar que quando o concreto for composto por outros aglomerantes hidráulicos (adições) além do cimento, o cálculo da dosagem do aditivo deverá ser sobre a soma das massas de cimento e adição. Este número, em percentual, corresponde a “dosagem” do aditivo, comumente chamada de “dosagem percentual sobre o peso de cimento”, ou “dosagem em % s.p.c.”, conforme a fórmula abaixo:

Equação 1 – Dosagem de aditivos

$$\text{Dosagem (\% s.p.c.)} = \frac{\text{massa do aditivo (kg)} \times 100}{\text{massa do cimento (kg)}}$$

Fonte: Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central, 2014, p.11.

Caso se queira trabalhar com o aditivo em volume, faz-se necessário saber a sua massa específica, como mostra a equação 2:

Equação 2 – Dosagem de aditivos em volume (Fonte: Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central, 2014, p.11)

$$\text{Dosagem (\% s.p.c.)} = \frac{[\text{massa específica (kg / ℓ)}] \times [\text{volume do aditivo (ℓ)}] \times 100}{\text{massa do cimento (kg)}}$$

Sendo:

$$1\text{kg/l} = 1\text{g/cm}^3 = 1\text{g/ml}$$

3 METODOLOGIA

Essa metodologia divide-se em duas etapas: Produção do bio-óleo e aplicação no concreto e na pasta de cimento. Na primeira etapa colocamos a casca de arroz para secagem natural, logo após, produzimos o bio-óleo no laboratório de Inovação em Aproveitamento de Resíduos e Sustentabilidade Energética (LARSEN).

A segunda etapa foi realizada no Laboratório de Materiais e Estruturas do Ceulp/ULBRA, produzimos assim o concreto com adição do bio-óleo, e realizamos os ensaios para análises. Essa é uma pesquisa aplicada, experimental e quantitativa.

3.1 1ª ETAPA

- **REATOR PIROLÍTICO E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL**

Antes de realizar a pirólise foi necessário a elaboração de briquetes, biomassa em formato cilíndrico, como mostra a figura 3. Utilizamos um liquidificador de baixa rotação para diminuir a granulometria do material, depois peneiramos com uma peneira de 1,18mm da série normal. Foi adicionado 100 ml de água ao material obtido do peneiramento, em torno de 200g. Produzimos 3 briquetes com essa quantidade e o resto foi descartado.

Posteriormente a biomassa hidratada foi prensada dentro de uma tubulação cilíndrica de 20 cm de comprimento e 32 mm de diâmetro. Os briquetes foram secos em uma estufa durante 24 horas.

Figura 3 - briquete da casca de arroz / estufa



Fonte: autor, (2019).

Na sequência a biomassa foi introduzida e a conversão térmica foi efetuada em um reator de leito fixo de aço inox, de 100 cm de comprimento e diâmetro externo de 10 cm (Figura 4). O reator será aquecido por forno bipartido reclinável. O reator será operado em regime de batelada, sendo o vapor de água o gás de arraste.

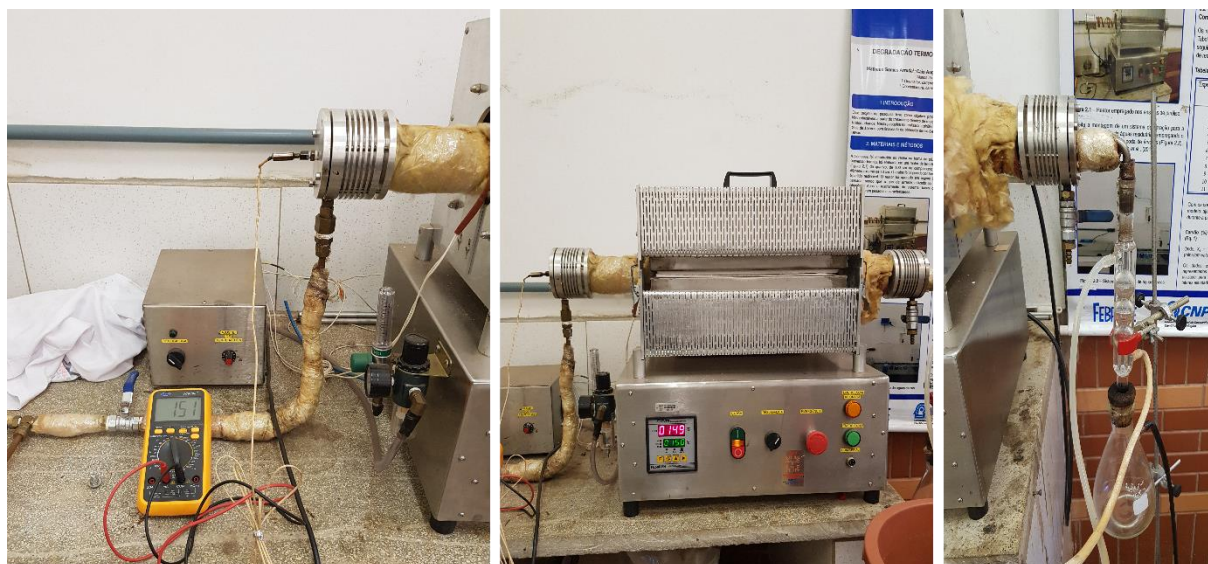


Figura 4 – Reator de pirólise com sistema de condensação de vapores

Fonte: Acervo do autor (2019)

Ao reator de pirólise foi acoplado um termopar no intuito de monitorar a temperatura atingida no processo de pirólise. Quando o painel do reator de pirólise de leito fixo informou a temperatura de aquecimento do forno em 150°C a mantivemos constante por 30 minutos. Em seguida elevamos a temperatura do reator de acordo com as condições que pré-estabelecemos, elevando 20°C por minuto até chegar a 500°C, ficando constante por 30 minutos.

Conseguimos manipular quatro fatores no sistema de pirólise da biomassa da casca de arroz. Os fatores estudados serão: temperatura de pirólise, pressão do vapor de água, taxa de aquecimento e tempo de reação (Figura 5). Os domínios das faixas dos parâmetros estudados estão de acordo com Vieira *et al.*, 2009 e Pedroza *et al.*, 2014.

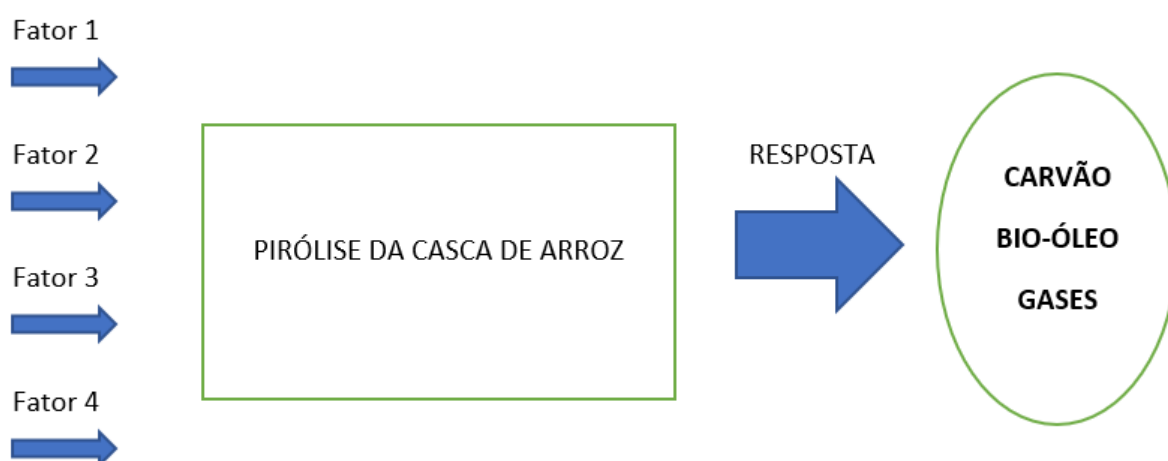


Figura 5 – Representação do planejamento experimental utilizado na pirólise

Fonte: Própria (2019)

Onde:

Fator 1 – temperatura (°C); **Fator 2** – Pressão da caldeira (kgf/cm²); **Fator 3** – taxa de aquecimento do reator (°C/min) e **Fator 4** – tempo de reação (min)

Tabela 4 – Níveis dos Fatores empregados no Planejamento Experimental, durante a Pirólise de casca de arroz em reator de leito fixo

Fatores	Níveis
Temperatura final do processo (°C)	500
Pressão da caldeira (kgf/cm ²)	1,5 – 2,0
Taxa de aquecimento (°C/min)	20
Tempo de reação (min)	30

Fonte: Própria (2019)

Para fins de balanço de massa, após a reação e o resfriamento da unidade de pirólise, o carvão será coletado e pesado, sendo recuperado diretamente do reator de leito fixo.

• RENDIMENTOS

Com esse experimento conseguimos obter os valores da seguinte tabela:

Tabela 5 - Rendimentos do procedimento experimental

CARVÃO (g)	BIO-ÓLEO (g)	GASES (g)
10,87	9,3	6,03

Fonte: Própria (2019)

Esse experimento foi realizado diversas vezes para chegar numa quantidade em torno de 180g de bio-óleo, porém houve variação nos rendimentos.

3.2 2º ETAPA

Nesta etapa foi produzido o concreto com o traço referência e adicionado o bio-óleo. O método de dosagem utilizado será da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

Este método consiste na coleta de dados em laboratório dos materiais utilizados na produção do concreto, são eles: módulo de finura (MF), dimensão máxima característica (DMC), umidade (h%), massa específica (γ) e unitária (δ). A partir dos dados obtidos, utilizamos tabelas e gráficos que funcionam para obter as proporções adequadas para o traço.

Através do ensaio de granulometria (ABNT NBR NM 248:2003) conseguimos determinar as características do agregado miúdo, areia, previamente seca em estufa (ANEXO A). O agregado graúdo foi caracterizado com DMC de 19 mm (ANEXO B) e massa específica de 2,70g/cm³ (ANEXO C). A tabela 6 demonstra as características dos materiais que serão utilizados.

Tabela 6 - Características dos materiais.

Agregado Miúdo (Areia)		Agregado Graúdo (Brita 1)		Cimento	
MF	2,05	DMC	19mm	Tipo	CP II F 40
γ	2650 kg/m ³	γ	2700 kg/m ³	γ	3100 kg/m ³

O procedimento de cálculo para determinação do traço seguiu os seguintes passos: Definimos o f_{ck} (resistência característica de compressão aos 28 dias) de 30 MPa para uma classe de agressividade II (NBR 12655/2015), classe de agressividade moderada e risco baixo de deterioração da estrutura. Outra característica que adotamos foi um abatimento do concreto igual a 50 ± 10 mm.

Em seguida fazemos o cálculo da resistência média aos 28 dias (f_{cj}). Nesse estudo utilizamos a condição B da NBR 12655/2015, a qual o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados em massa combinada com volume. O volume do agregado miúdo é corrigido através da curva de inchamento. O desvio padrão (sd) obtido foi de 4,0 MPa. Assim, calculamos através da equação 3 o f_{cj} .

Equação 3 - cálculo da resistência de dosagem

$$F_{cj} = f_{ck} + 1.65 * sd$$

$$F_{cj} = 30 + 1.65 * 4.0$$

$$F_{cj} = 36.6 \text{ MPa}$$

Assim chegamos nas características representadas na tabela 7.

Tabela 7 - Característica do Concreto

Concreto	
f_{ck}	30 MPa
Sd	4,0 MPa
Abatimento	50±10mm
f_{cj}	36,60MPa

Para acharmos o fator a/c (água-cimento), utilizamos a curva de Walz, representado na figura 5, onde relacionamos a resistência à compressão do concreto (eixo das ordenadas) com as curvas de resistência normal do cimento aos 28 dias e obtivemos o fator a/c no eixo das abscissas. Para uma maior precisão foi necessário interpolar chegando assim ao resultado de 0,515.

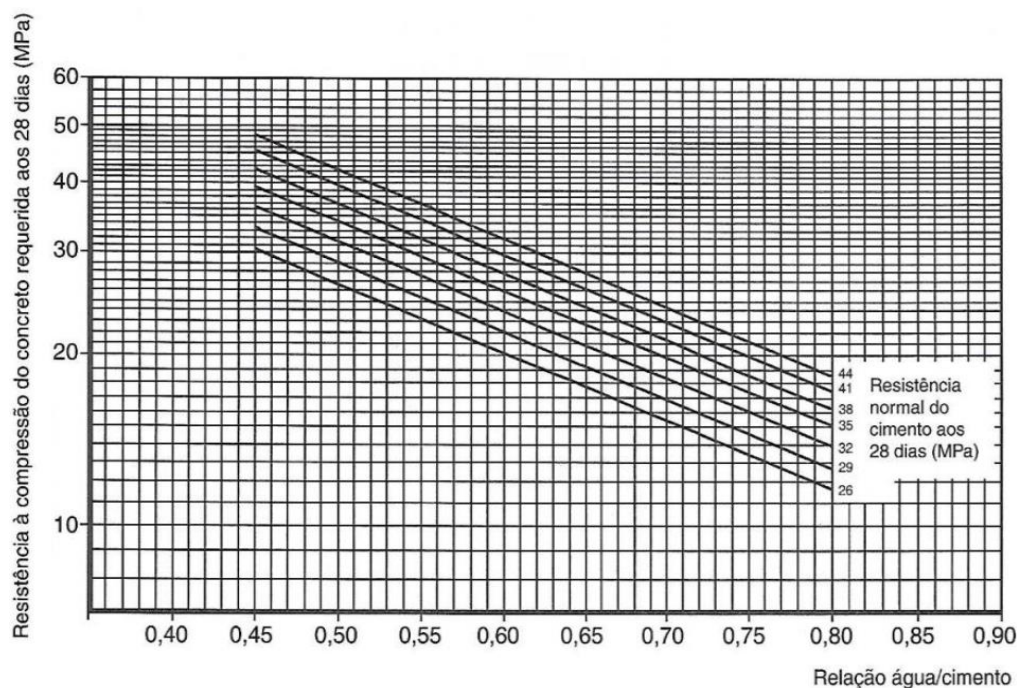


Figura 6 - Curva de Walz (RODRIGUES (1998), p.18)

O próximo passo é determinar o consumo dos materiais que serão utilizados na produção do concreto, começando pela água. Correlacionamos a DMC do agregado graúdo com o abatimento que desejamos na tabela 8 e obtivemos um consumo de 195 litros de água para 1m³ de concreto.

Tabela 8 - Determinação do consumo de água (RODRIGUES (1998), p.20)

Consumo de água aproximado (L/m ³)					
Abatimento (mm)	Dimensão Máxima Característica (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Para calcular o consumo de cimento para 1m³ utilizamos a equação 4, onde:

Equação 4 - Cálculo do consumo do concreto

$$\frac{a}{c} = \frac{Ca}{Cc}$$

$$0.515 = \frac{195}{Cc}$$

$$Cc = 378,64 \text{ kg}$$

Para determinar o consumo de agregado graúdo utilizamos a tabela 9, correlacionado o módulo de finura da areia (MF) e a dimensão máxima característica.

Tabela 9 - Determinação do teor de consumo de agregado graúdo (RODRIGUES (1998), p.20)

MF	Dimensão Máxima Característica (mm)				
	9,5	19,5	25,0	32,0	38,0
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Com o MF de 2,05 e a DMC do agregado graúdo de 19 mm, obtivemos o teor de consumo de 0,745. Multiplicando a massa unitária pelo teor de consumo chegamos a 1080.25 kg a cada 1m³. Pudemos então calcular o consumo de areia pela equação 5:

Equação 5 - Obtenção do volume de areia

$$V_{\text{areia}} = 1 - \left(\frac{\text{cimento}}{Y_{\text{cim}}} + \frac{\text{brita}}{Y_{\text{Brita}}} + \frac{\text{água}}{Y_{\text{agua}}} \right)$$

Chegamos assim a 0,283 m³ de areia com a massa de 749,95 kg. Por fim, com todos os dados obtidos chegamos ao traço unitário (tabela 10), dividindo as massas pelo consumo de cimento.

Tabela 10 - Traço unitário de massa (kg) pelo método ABCP

CIMENTO	AREIA	BRITA 1	a/c
1,00	1,98	2,85	0,52

PARTE EXPERIMENTAL:

ENSAIO DE COMPRESSÃO

Os corpos de prova serão moldados e seguidos procedimentos de cura conforme a NBR 5738, onde serão confeccionados corpos de prova em molde cilíndrico (figura 7), com dimensões de 10x20, com medidas de tolerância de 1% para o diâmetro e 2% para a altura.



Figura 7 - Molde cilíndrico (Fonte: www.solocap.com.br, 2019)

Para a execução do traço, calculou-se o consumo dos insumos necessário para confecção de 18 corpos de provas para cada teor de bio-óleo (0,5 e 1,0%) e o traço referência.

A mistura dos materiais do concreto será de forma mecânica fazendo o uso de uma betoneira, que proporciona a mistura por tombamento do material. A máquina gira em torno de um eixo e o material é misturado por aletas internas. O procedimento é simples, começaremos com a colocação do agregado graúdo, colocação da água, colocação do cimento, colocação do agregado miúdo, respectivamente.

A preparação dos corpos de prova, começa com o revestimento interno com uma camada fina de lubrificante que não reaja ao cimento. Com o concreto misturado colocaremos dentro dos moldes utilizando uma concha buscando assegurar uma distribuição simétrica, adensando o mesmo manualmente.

Para a análise das resistências, as idades de rompimento foram definidas como sendo de 7, 14 e 28 dias e foram moldados 6 CP's para cada idade, sendo 6 CP's para cada adição de bio-óleo e para o traço referência, totalizando um total de 54 CP's. Faremos assim o rompimento por esforços de compressão, realizado por prensa hidráulica, conforme a NBR 5739:2018.

Figura 8 - Ensaio de resistência a compressão



Fonte: Autor (2019)

ABATIMENTO (SLUMP-TEST)

O abatimento da amostra foi realizado conforme a NBR NM 67 prescreve, e como o abatimento está localizado entre o intervalo de 30mm e 150mm, pode ser feito adensamento manual ou por vibração, o método incumbido será o manual com uso de haste.

O molde terá a forma de um tronco de cone oco (figura 8), com as seguintes dimensões e equipamentos suplementares:

- Diâmetro da base inferior: $200 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$;
- Diâmetro da base superior: $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$;
- Altura: $300 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$.
- Funil
- Haste socadora 5/8" x 600mm
- Placa base 1/4 500x500mm
- Concha redonda
- Colher de pedreiro
- Régua biselada de 300mm



Figura 9 - Conjunto Slump Test (Fonte: <http://www.solocap.com.br>, 2019)

Para começar o ensaio devemos umedecer o molde e a placa de base, o operador deve se posicionar com os pés sobre suas aletas, encher rapidamente o molde com o concreto coletado, em três camadas, cada uma com aproximadamente um terço da altura do molde compactado, conforme estabelece a NBR NM 67/1998.

Devemos então compactar cada camada com 25 golpes com haste de socamento e por último, limpar a placa de base e retirar o molde do concreto, levantando-o cuidadosamente na direção vertical. A operação de retirar o molde deve ser realizada em 5 s a 10 s.

O resultado do ensaio obtém-se ao medir o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo-de-prova, que corresponde à altura média do corpo-de-prova desmoldado, aproximando aos 5 mm mais próximos. A figura 7, mostra um esquema representando a determinação do abatimento.

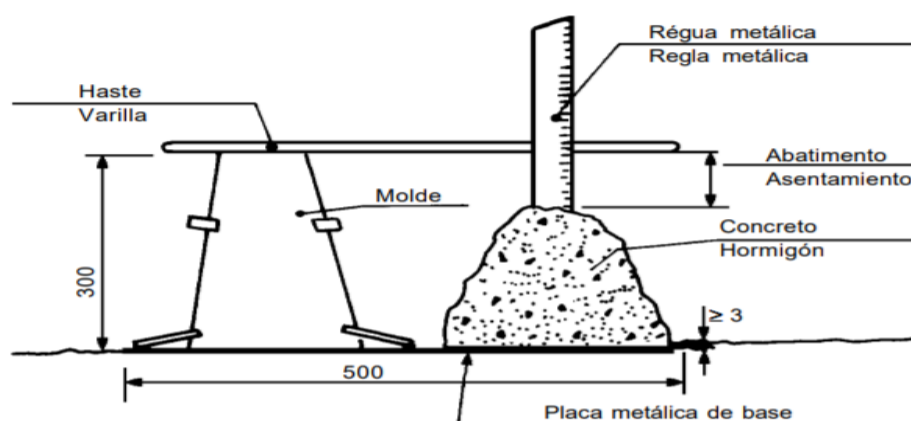


Figura 10 - Esquema de medida do abatimento (ABNT NBR NM 67:1998, p.8)

INÍCIO E FIM DE PEGA

Nos manuais de concreto é comum a determinação dos tempos de pega e em todo ensaio de cimento chega a ser quase obrigatória a execução deste ensaio. A norma brasileira NBR NM 65:2003 - Cimento Portland – Determinação do tempo de pega, utiliza a pasta de consistência normal (NM 43:2002) e o equipamento Vicat, representado na figura 10.



Figura 11 - Aparelho Vicat

Fonte: (<https://miniengenhaira.wixsite.com/miniengenhaira/single-post/2015/06/16/TEMPO-DE-PEGA>)

Tempo de Início de Pega e fim de pega:

O momento de início da cristalização ou do endurecimento é chamado de tempo de início de pega. No concreto, este tempo determina o período útil que temos para terminar o processo de aplicação, ou seja, compreende desde a mistura dos materiais (contato da água com o cimento) até o seu adensamento e acabamento.

Portanto o tempo de início de pega é o tempo decorrido após o contato inicial do cimento com a água de amassamento, necessário para uma argamassa atingir a resistência à penetração igual a 3,5 Mpa.

O início de pega é o intervalo decorrido desde a adição de água ao cimento até o momento em que a agulha de Vicat estacionar a (4 ± 1) mm da base do molde que contém a pasta de cimento.

Tempo de Fim de Pega:

Diversos autores o definem como o momento final do enrijecimento (ato de tornar duro) do concreto ou o início do ganho da resistência mecânica propriamente dita.

Tempo de fim de pega é o tempo decorrido após o contato inicial do cimento com a água de amassamento, necessário para uma argamassa atingir a resistência à penetração igual a 27,6 Mpa.

O fim de pega é o intervalo decorrido desde a adição de água ao cimento até o momento em que a agulha de Vicat penetra 0,5 mm na pasta de cimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DO CONCRETO NO ESTADO FRESCO

ABATIMENTO (SLUMP-TEST):

Para o ensaio de abatimento (slump-test) tivemos alterações significativas, já que superaram a variação admitida definida em cálculo pelo método ABCP, (50 ± 10 mm). Houve um aumento de 9% e 23%, com a adição de bio-óleo com os teores de 0,5% e 1,0% respectivamente. A tabela abaixo demonstra os valores obtidos em laboratório para o traço referência e com adições de bio-óleo (0,5% e 1,0%).

Tabela 11 – Abatimento do concreto

Aditivo	a/c	Aumento	abatimento (mm)
0,00%	0,52	0,00%	50
0,50%	0,52	9%	55
1,00%	0,52	23%	65

Fonte: Autor (2019)

Este aumento na fluidez pode ser explicado pela grande quantidade de hidrocarbonetos aromáticos, como podemos observar no estudo de Almeida (2010), em anexo (1), constituídos por moléculas polares que são absorvidas (incorporadas à superfície) pelas partículas de cimentos, ficando expostas as extremidades com cargas elétricas iguais e provocando consequentemente a repulsão dessas partículas.

DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PEGA:

Para determinar o tempo de pega primeiro determinamos a consistência normal do cimento descrita na ABNT NBR 16606:2017, assim definimos um fator A/C (água/cimento) de 0,30.

Pode-se observar através do ensaio NBR NM 65:2003 (Cimento Portland - Determinação do tempo de pega), que houve um aumento do tempo de início e fim de pega. A tabela abaixo apresenta os valores obtidos:

Tabela 12 - Tempo de início e fim de pega

	CIMENTO (g)	ÁGUA (g)	A/C	ADITIVO (g)	INÍCIO DE PEGA	FIM DE PEGA
REFERÊNCIA	500	150	0,30	0,00	02:45:00	03:36:00
BIO-ÓLEO (0,5%)	500	150	0,30	2,50	02:46:00	03:56:00
BIO-ÓLEO (1%)	500	150	0,30	5,00	03:10:00	04:28:00

Fonte: Autor (2019)

Nota-se que houve um aumento de 20 minutos no tempo de fim de pega da pasta de cimento com 0,5% de bio-óleo em relação a pasta de cimento referência, podemos destacar o aumento do tempo de início de pega em 25 minutos e retardando o fim de pega em 52 minutos, em relação a pasta de cimento referência para o concreto com 1,0% de bio-óleo.

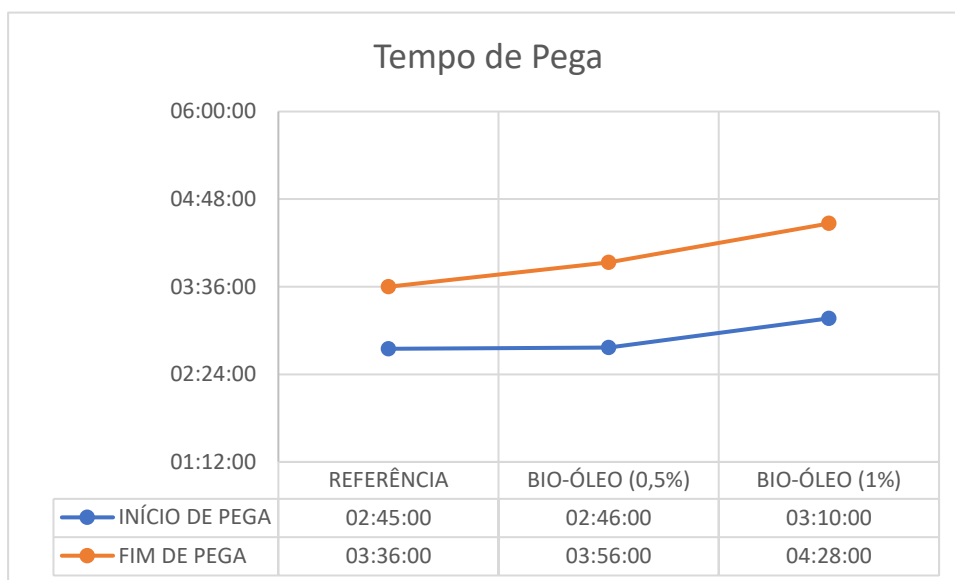


Figura 12 - Gráfico de tempo de Pega

Fonte: Autor (2019)

Assim poderíamos classificar o bio-óleo como um aditivo plastificante retardador de pega (PR), já que o mesmo, cumpriu as exigências estabelecidas na NBR 11768:2011, com início de pega: $\Delta t \geq 90$ minutos e fim de pega $\Delta t \leq 360$ minutos.

Sabe-se que o bio-óleo possui cadeias de hidroxilas, que tem efeito retardante no concreto segundo Correa (2010), supomos assim que houve um efeito de repulsão eletrostática entre os grãos de cimento e a água, afetando as reações químicas entre os compostos do cimento e a água. A hidroxila ligada à cadeia carbônica torna o meio mais ácido provocando retardamento de pega sem relação com a plasticidade.

4.2 ANÁLISE DO CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

As tabelas abaixo mostram os resultados obtidos em laboratório, determinados a partir do ensaio de compressão, especificado pela NBR 5739:2018.

Tabela 13 - Resistência a compressão

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa) - 7 DIAS			
CP'S	REFERÊNCIA	0,50%	1,00%
1	27,6	27,7	19,3
2	21,5	22,7	18,5
3	22,1	21,6	20,1
4	24,6	22,9	18,9
5	29,2	22,3	20,1
6	25,0	25,9	19,6
Média	25,00	23,85	19,42

Fonte: Autor (2019)

Analisando as médias percebemos que o concreto referência com 7 dias chegou a 25 MPa que corresponde a 83% da resistência do fck (30 MPa), com 0,5% de aditivo (23,85 MPa), 80% e 1,0% de aditivo (19,42 MPa), 65%.

Tabela 14 - Resistência a compressão

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa) - 14 DIAS			
CP'S	REFERÊNCIA	0,50%	1,00%
1	32,4	30,4	26,1
2	27,5	25,8	23,6
3	23,6	25,1	19,0
4	31,2	30,6	23,7
5	34,1	27,2	22,5
6	31,6	25,5	21,8
Média	30,07	27,43	22,78

Fonte: Autor (2019)

De maneira análoga percebemos que o concreto referência com 14 dias chegou a 30,07 MPa que corresponde aproximadamente 100% do fck (30 MPa), com 0,5% de aditivo (27,43MPa), 91% e 1,0% de aditivo (22,78 MPa), 76%.

Tabela 15 - Resistência a compressão

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (MPa) - 28 DIAS			
CP'S	REFERÊNCIA	0,50%	1,00%
1	33,9	26,2	25,6
2	29,9	26,4	24,9
3	29,6	33,1	25,7
4	33,1	25,8	27,7
5	31,9	37	25,2
6	27,2	26,4	24,2
Média	30,93	29,15	25,55

Fonte: Autor (2019)

Observamos que o concreto referência ultrapassou o fck planejado, ficando com 85% da resistência do fcj (36,60 MPa), já o concreto com 0,5% de aditivo conseguiu atingir 80% do fcj e 97% em relação ao fck, por fim o concreto com 1,0% de aditivo obteve 85% da resistência do fck e 70% do fcj.

Tabela 16 - Resistências Médias do Concreto Endurecido

RESISTÊNCIAS MÉDIAS (MPa)			
DIAS	REFERÊNCIA	0,50%	1,00%
7	25,00	23,85	19,42
14	30,07	27,43	22,78
28	30,93	29,15	25,55

Fonte: Autor (2019)

Através da tabela 16 obtivemos o gráfico de barras da figura 12 que mostra as médias das idades (7,14 e 28 dias) do concreto endurecido. Podemos observar que o concreto com aditivo (bio-óleo), não superou o concreto de referência (sem aditivo) em termos de resistência a compressão em nenhum dos dias de rompimento.

Entretanto sabemos que há presença de hidroxilas e alguns ácidos nos compostos já detectado no bio-óleo, assim pode-se atribuir inicialmente esta diminuição do ganho de resistência a estes, pois sabemos que um meio ácido provoca o retardamento da hidratação do cimento, consequentemente o tempo de pega.

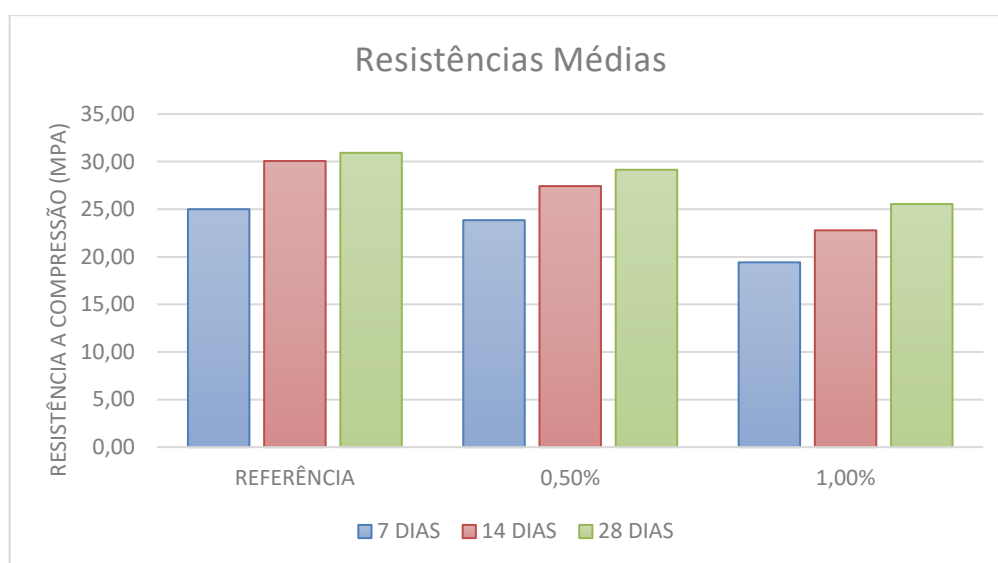


Figura 13 - Resistências Médias
Fonte: Autor (2019)

5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística que usamos para avaliar os resultados que tivemos foi a ANOVA (analise of variance), normalmente usada quando possuímos um Y (eixo das ordenas) numérico e um X (eixo das abcissas) categórico. Essa análise nos permite comparar as variações dentro de cada tratamento e entre os tratamentos. Porém para complementar o estudo estatístico utilizamos também o teste Tukey, já que a ANOVA não aponta quais os tratamentos que diferem entre si.

Para tal análise utilizamos o software estatístico disponibilizado pela Universidade de Oslo, gratuitamente, chamado PAST.

INTERVALOS DE CONFIANÇA

Os intervalos de confiança foram obtidos utilizando grau de significância de 1%, pela distribuição bilateral t-student, e são mostrados na tabela abaixo.

Tabela 17 - Intervalos de confiança

TRAÇOS	MÉDIA (MPa)	MARGEM DE ERRO (MPa)	INTERVALO
Referência - 7 dias	25,00	4,95	$p(29,95 < \mu < 20,05)=99\%$
Bio-óleo 0,5% - 7 dias	23,85	3,94	$p(27,79 < \mu < 19,91)=99\%$
Bio-óleo 1,0% - 7 dias	19,42	1,06	$p(20,48 < \mu < 18,35)=99\%$
Referência - 14 dias	30,07	6,32	$p(36,39 < \mu < 23,74)=99\%$
Bio-óleo 0,5% - 14 dias	27,43	4,08	$p(31,51 < \mu < 23,35)=99\%$
Bio-óleo 1,0% - 14 dias	22,78	3,89	$p(26,67 < \mu < 18,90)=99\%$
Referência - 28 dias	30,93	4,11	$p(35,05 < \mu < 26,82)=99\%$
Bio-óleo 0,5% - 28 dias	29,15	7,80	$p(37,00 < \mu < 21,35)=99\%$
Bio-óleo 1,0% - 28 dias	25,55	1,95	$p(27,50 < \mu < 23,60)=99\%$

Fonte: Autor (2019)

Analisando os dados obtidos para os intervalos de confiança, nota-se que todos os valores das médias então presentes dentro dos intervalos adotados, de modo que se o ensaio fosse repetido 100 vezes, 99 das vezes os resultados estariam contidos dentro deste intervalo, confirmando assim a confiabilidade dos dados estudados.

TESTE DE ANOVA E TESTE TUKEY

Ao realizar a análise de variância ou ANOVA, é possível identificar estatisticamente se há ou não diferença entre as amostras. Este teste de hipótese confiável permite ter mais controle sobre o estudo. O teste consiste em elaborar uma hipótese nula (H_0) que afirma que as amostras não diferem umas das outras estatisticamente. Assim como é elaborada uma contraparte em que se rejeita H_0 , que afirma que as amostras são diferentes umas das outras, sendo está a hipótese (H_1). As hipóteses para esse estudo foram:

H_0 : aditivo (bio-óleo) não surtiu nenhum efeito

H_1 : aditivo (bio-óleo) surtiu efeito

Através do cálculo das médias dos rompimentos e suas respectivas variâncias, é calculado o valor de (S^2_{Entre}) e de (S^2_{Dentro}). Ao dividirmos o primeiro pelo segundo obtemos o valor chamado de ($F_{\text{calculado}}$). Por meio de tabela é também obtido o valor do (F_{tabelado}). Por fim, analisa-se estes dois valores para os casos em que $F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, as amostras diferem umas das outras.

O Teste de Tukey é uma ferramenta estatística que permite identificar onde, de fato está localizada as diferenças, ou seja, para suas respectivas idades quais teores diferem entre si, estatisticamente.

A figuras abaixo representam os resultados das análises feitos a partir dos resultados do corpo de prova rompidos com 7 dias.

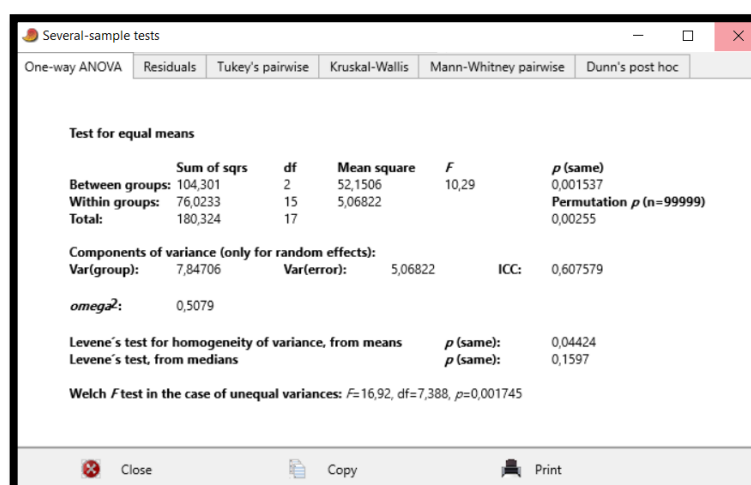


Figura 14 - teste ANOVA (7 dias)
Fonte: Autor (2019)

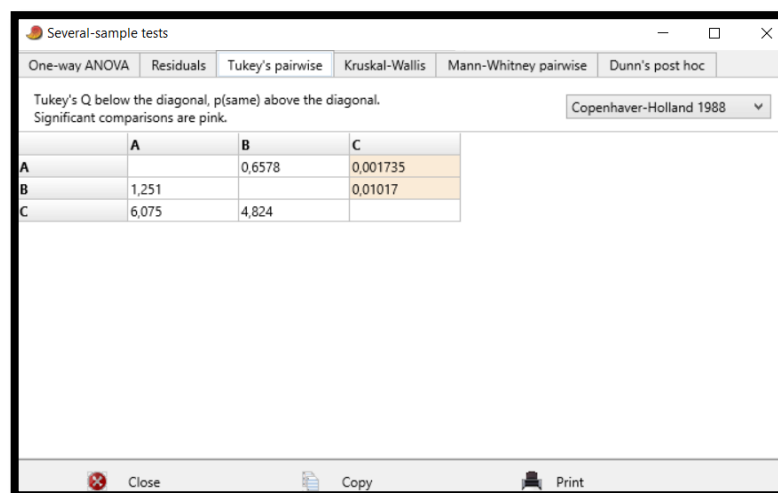


Figura 15 -Teste Tukey (7 dias)

Fonte: Autor (2019)

Obtivemos um número $F_{\text{calculado}}$ igual a 10,29, ou seja, houve diferença entre as amostras já que o F_{tabelado} é 6,36 (anexo 2), rejeitamos H_0 em favor de H_1 com um grau de confiança de 99%, assim identificamos essa diferença com o teste Tukey, como demonstrado na figura 14, também podemos concluir que o bio-óleo teve uma influência nos resultados de 57,84%. Dentro da figura, há uma tabela, onde A é o concreto referência, B é o concreto com 0,5% de aditivo e C é o concreto com 1,0% de aditivo (bio-óleo).

Esta tabela da figura 14 relaciona e compara estatisticamente e demonstra onde há diferença na cor rosa. Vemos assim que tivemos diferença entre a amostra C (1,0% de bio-óleo) em relação a A (concreto referência) e B (0,5% de bio-óleo). Porém não houve diferença entre B em relação a A.

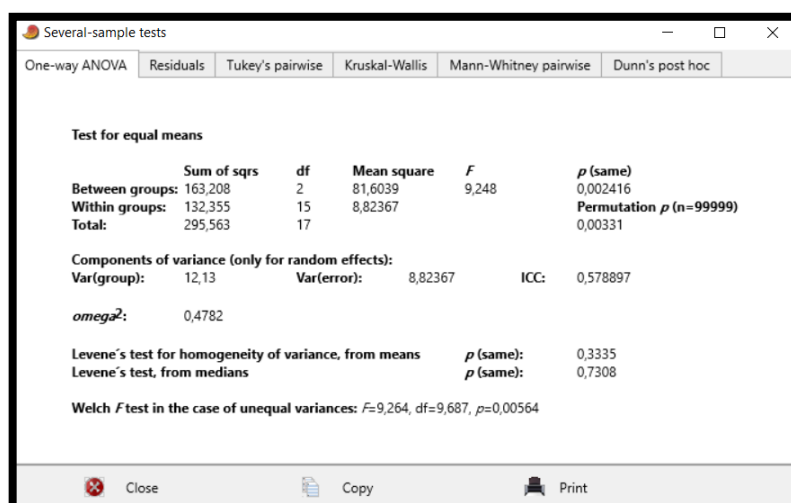


Figura 16 - Teste ANOVA (14 dias)

Fonte: Autor (2019)

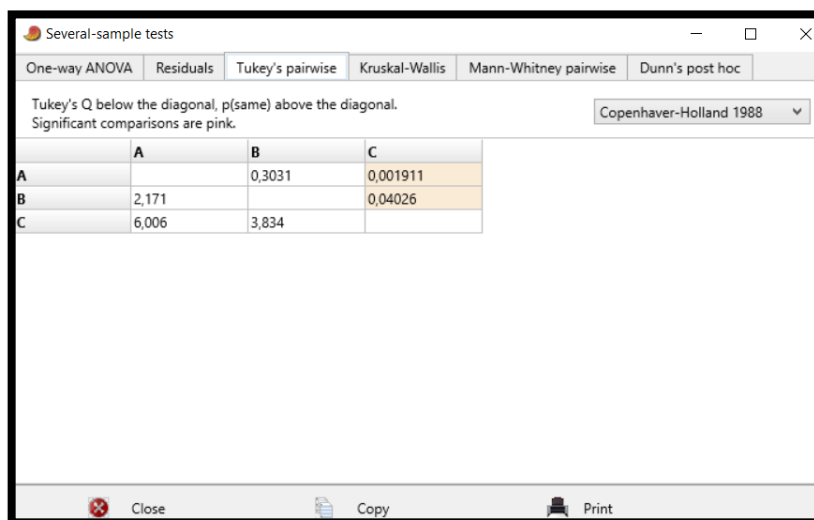


Figura 17 - Teste Tukey (14 dias)

Fonte: Autor (2019)

A figuras acima representam os resultados das análises feitos a partir dos resultados do corpo de prova rompidos com 14 dias. O $F_{\text{calculado}}$ foi de 9,248 sendo este maior que o F_{tabelado} (6,36), como na análise de 7 dias tivemos diferença entre a amostra C (1,0% de bio-óleo) em relação a A (concreto referência) e B (0,5% de bio-óleo). Porém não houve diferença entre B em relação a A. Nesta situação a interferência do bio-óleo foi de 55,20% nos resultados apresentados.

A figuras abaixo representam os resultados das análises feitos a partir dos resultados do corpo de prova rompidos com 28 dias.

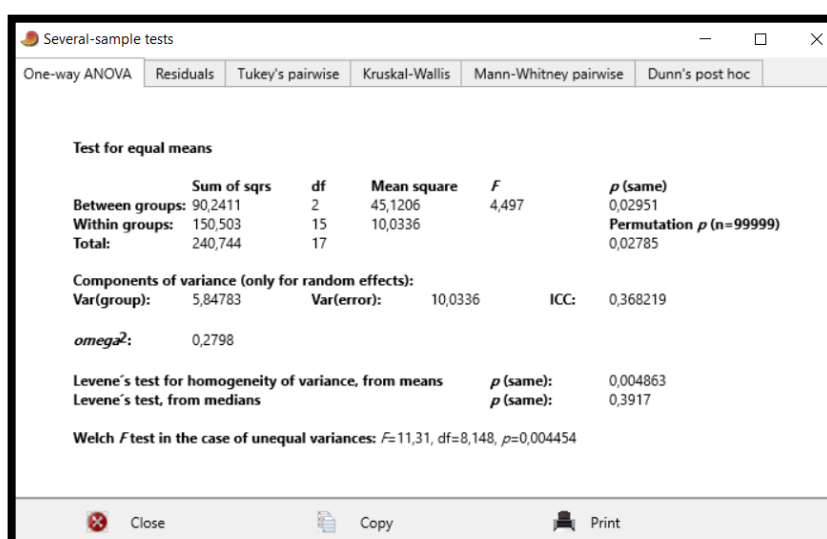


Figura 18 - Teste ANOVA (28 dias)

Fonte: Autor (2019)

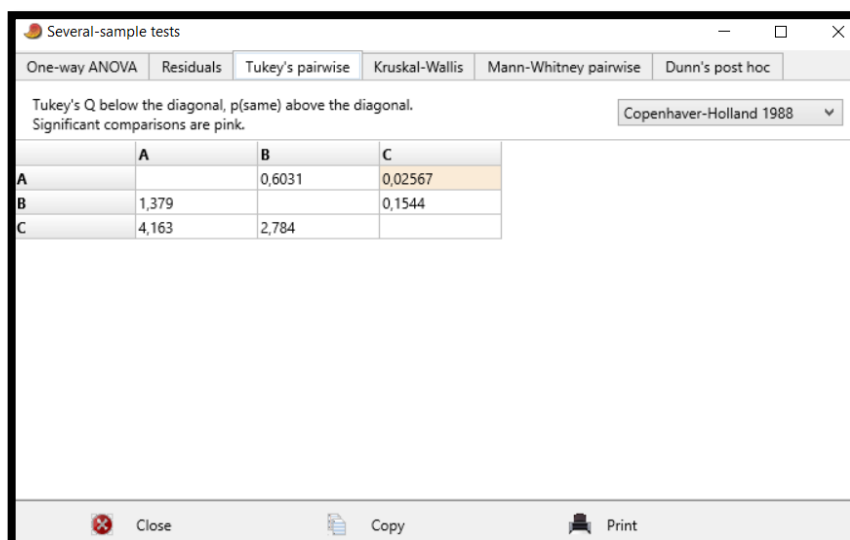


Figura 19 - Teste Tukey (28 dias)

Fonte: Autor (2019)

Para 28 dias obtivemos um número $F_{\text{calculado}}$ igual a 4,497, valor este muito próximo ao F_{tabelado} , demonstrando assim que as variações diminuíram, como vemos na figura 18 a única mudança que o teste Tukey identificou foi apenas de C (1,0% de bio-óleo) em relação a A (concreto referência), deste modo não houve variação significativa em relação a C (0,5% de bio-óleo). Identificamos também que a influência do bio-óleo foi de 37,48% nos resultados dessa idade dos corpos de prova.

6 CONCLUSÃO

Esse estudo teve como finalidade primeiramente atribuir uma nova forma de utilização da casca de arroz, que possui pouco valor comercial, e vem sendo descartada de forma indevida na natureza. Conseguimos bons indícios que a mesma tem um grande potencial para ser matéria prima de um aditivo para concreto.

A produção de bio-óleo tem um bom rendimento, em torno de 30 a 35%, porém é necessário um reator maior para produzir maiores quantidades e utilizar assim mais teores de bio-óleo no concreto.

Os resultados mostraram que a adição de bio-óleo apresentou melhorias no concreto no estado fresco, com um aumento de 23% no abatimento com 1,0% de bio-óleo em relação ao peso do cimento, colaborando para justificar a hipótese que o bio-óleo tem característica de um aditivo plastificante.

Este estudo também detectou que houve aumento, no tempo de início e fim de pega, podendo este ser classificado com um aditivo plastificante retardador (PR), já que este cumpriu as exigências estabelecidas na NBR 11768:2011.

No estado endurecido os corpos de prova com bio-óleo apesar de não apresentar ganho de resistência em relação ao concreto referência (sem bio-óleo), não podemos descartar a hipótese que ainda continuará ganhando resistência em idades avançadas, assim este estudo não poderá ser conclusivo neste tópico.

A análise estática com o método de ANOVA demonstrou que realmente houve mudanças significativas no concreto com adição de bio-óleo no estado endurecido.

Este é um estudo preliminar para um potencial aditivo plastificante, porém ainda são necessárias outras análises e ensaios, principalmente no que se refere ao comportamento na microestrutura no concreto.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Utilizar outro traço aumentando o abatimento;
- Determinar uma consistência normal para cada teor de bio-óleo no ensaio de tempo de pega.
- Testar outros teores de bio-óleo;
- Analise da microestrutura;

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. R. Pirólise rápida de casca de arroz: estudo de parâmetros e caracterização de produtos (dissertação de Mestrado). **Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre, RS**, 2010.

ALVES, M. F. **Estudo comparativo de métodos de dosagem para concretos de alta resistência**. Dissertação de mestrado, Porto Alegre, 2000.

ARAÚJO, R.C.L.; RODRIGUES, L.H.V.; FREITAS, E.G.A. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro, 2000. (Apostila)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL. **Manual do concreto dosado em central**. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>. Acesso em 20 de fevereiro de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL. **Manual do concreto dosado em central**. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.abesc.org.br/assets/files/manual-cdc.pdf>. Acesso em: 13 novembro 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm – Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9935. Agregados - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768: Aditivos para concreto de cimento Portland**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de Cimento Portland – Preparo, Controle, Recebimento e Aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.23p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16606: Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento Para Moldagem e Cura de Corpos de Prova.** Rio de Janeiro, 2016.9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto- Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018.9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 65: Cimento Portland- Determinação do tempo de pega.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67: Concreto – Determinação da Consistência Pelo Abatimento do Tronco de Cone.** Rio de Janeiro, 1998.8p.

Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/ArrozSerieHist.xls>>. Acesso em 08 de janeiro de 2019.

CORRÊA, Augusto Cesar Abduche. **Estudo do desempenho dos aditivos plastificantes e polifuncionais em concretos de cimento portland tipo cpiii-40.** Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia em Construção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

COUTINHO, J S. Agregados para Argamassas e Betões. Materiais de Construção 1, Lisboa-Portugal, 1999.

Domone, P.L. - **Concrete-Constituent materials of concrete** - J.M. Illston,E&FN Spon, 1994.

EMBRAPA. Disponível em:<<https://www.embrapa.com.br>>. Acesso em: 04 março de 2019.

FERNANDES, A.P.V. **Avaliação do desempenho de aditivos à base de aminas no processo de moagem da cinza “fly ash”, na empresa pozosul.** Monografia de graduação – Curso de engenharia química, Universidade do Sul de Santa Catarina 20p. 2007.

FERRARIS, Chiara F. Measurement of the rheological properties of high performance concrete: state of the art report. **Journal of research of the national institute of standards and technology**, v. 104, n. 5, p. 461-478, 1999.

FREITAS, C. **Estudo do desempenho mecânico de concreto com adição de partículas de borracha para aplicação como material de reparo em superfícies hidráulicas**. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia – PIPE (Engenharia e Ciência dos Materiais), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

GÓMEZ, O. E.; **Estudo da Pirólise Rápida de Capim Elefante em Leito Fluidizado Borbulhante Mediante a Caracterização dos Finos de Carvão**. Tese de doutorado, FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2002.

HOFFMANN, R. et al. **Aproveitamento da cinza produzida na combustão da casca de arroz: estado da arte**. In: Anais do I CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA. 2002. p. 1138-1143.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO (IBI). **Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central**. 1.ed. Disponível em:< <http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/MANUAL-DE-ADITIVOS-PARA-CONCRETO.pdf>>. Acesso em: 10 de abril de 2019.

MARTINS, V. C. **Otimização dos processos de dosagem e proporcionamento do concreto dosado em central com utilização de aditivos: estudo de caso**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2005.

MAYER, Flávio Dias; HOFFMANN, Ronaldo; RUPPENTHAL, Janis E. **Gestão Energética, Econômica e Ambiental do Resíduo Casca de Arroz em Pequenas e Médias Agroindústrias de Arroz**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNESP, 13. Bauru, SP. Anais eletrônicos. Bauru: UNESP, 2006. Disponível em: . Acesso em: 04 de março de 2019.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedade e materiais**. 2. Ed. São Paulo. IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J.. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 448 p. Tradução de :Ruy Alberto Cremonini.

PEDROZA, M. M. **Bio-óleo e Biogás da degradação termoquímica de lodo de esgoto doméstico em cilindro rotativo**. Tese de Doutorado, Universidade do Rio Grande do Norte, 210 p, 2011.

PEDROZA, M. M., VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. F., BEZERRA, M. B. D. **Characterization of the products from the pyrolysis of sewage sludge in 1 kg/h rotating cylinder reactor**. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **11**, p.147-157, dez. 2014.

PEDROZA, M. M.; VIEIRA, G. E. G.; SOUSA, J. F.; PICKLER, A. C.; LEAL, E. R. M.; MILHOMEN, C. C. **Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 11, p. 147 - 157, jul./dez.2010.

PEREZ, J.M.M.; ROCHA, J.D.; CORTEZ, L.A.B.; JORDAN, R.A. **A Pirólise rápida como precursora de BTL**. In: CORTEZ, L.A.B. Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010.

RODRIGUES, P. P. F. **Parâmetros de Dosagem do Concreto**. ET – 67. São Paulo: ABCP, 1998.

SANTOS, MFRF dos. **Elaboração do Technology roadmap para biorrefinaria de produtos da lignina no Brasil**. 2011. 307 f. 2011. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) -Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ.

SEGRE, N. **Reutilização de Borracha de Pneus Usados como Adição em Pasta de Cimento**. Tese de doutorado (vinculada ao Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas) Campinas/SP 1999.

SOARES, Faisy Paulino Pereira. **Influência da formação de pozolanas com adição de metacaulim em concreto de alta resistência**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. 1: **ARROZ IRRIGADO: Recomendações da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Farroupilha: Gráfica e Editora Pallotti, 2018. 209 p.

SPONHOLZ, I. **Avaliação do desempenho de aditivos redutores de água em concreto de alto desempenho**. 1998. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

TARTUCE, Ronaldo; GIOVANNETTI, Edio. **Principios Basicos Sobre Concreto de Cimento Portland**. São Paulo: IBRACON, 1990. 107 p.

TAMANINI, Carolina; HAULY, M. C. O. Resíduos agroindustriais para produção biotecnológica de xilitol. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 25, n. 4, p. 315-330, 2004.

WALTER, Jaqueline Paula; ROSSATO, Marivane Vestena. Destino do resíduo casca de arroz na microrregião de Restinga Seca-RS: um enfoque à responsabilidade sócio ambiental. In: **CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. ENERGIA, INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E COMPLEXIDADE PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL**. 2010.

ANEXOS

ANEXO 1 – COMPOSTOS IDENTIFICADOS NO BIO-ÓLEO

Pico	tR(min)	MM	Fórmula	Nome
1	4,21	86	C ₅ H ₁₀ O	3-pentanona
2	4,50	114	C ₇ H ₁₄ O	2,4-dimetilpentanal
3	4,70	84	C ₅ H ₈ O	ciclopentanona
4	5,83	96	C ₅ H ₄ O ₂	furfural
5	6,45	98	C ₅ H ₆ O ₂	álcool furfurílico
6	6,76	106	C ₈ H ₁₀	<i>o</i> -xileno
7	7,83	96	C ₆ H ₈ O	2-metil-2-ciclopenten-1-ona
8	7,98	110	C ₆ H ₆ O ₂	2-acetil-furano
9	8,41	98	C ₅ H ₆ O ₂	1,3-ciclopentadienona
10	9,58	110	C ₆ H ₆ O ₂	metilfurfural
11	9,70	96	C ₆ H ₈ O	3-metil-2-ciclo-penten-1-ona
12	10,43	94	C ₆ H ₆ O	fenol
13	11,67	112	C ₆ H ₈ O ₂	2-hidroxi-3-metil-2 ciclopenten-1-ona
14	12,69	108	C ₇ H ₈ O	<i>o</i> -cresol
15	13,39	108	C ₇ H ₈ O	<i>m</i> -cresol
16	13,63	124	C ₇ H ₈ O ₂	guaiacol (2-metoxi-fenol)
17	14,18	136	C ₉ H ₁₂ O	2,3,5-trimetilfenol
18	15,58	122	C ₈ H ₁₀ O	xilenol (dimetil fenol)
19	16,21	122	C ₈ H ₁₀ O	etil fenol
20	16,89	138	C ₈ H ₁₀ O ₂	dimetoxi benzeno (dimetil resorcinol)
21	17,85	120	C ₈ H ₈ O	dihidroxi-benzofurano
22	19,40	152	C ₉ H ₁₂ O ₂	<i>p</i> -etil-guaiacol
23	20,45	150	C ₁₀ H ₁₄ O	tetrametil-fenol
24	21,52	154	C ₈ H ₁₀ O ₃	dimetoxifenol (siringol)
25	21,63	164	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	eugenol (2-Metoxi-4-propenil-fenol)
26	21,89	166	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	propil-guaiacol
27	22,85	152	C ₈ H ₈ O ₃	vanilina
28	23,02	164	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	eugenol - isômero 1
29	23,35	156	C ₁₂ H ₁₂	C ₂ -naftaleno - isômero 1
30	24,15	164	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	eugenol - isômero 2
31	25,10	166	C ₉ H ₁₀ O ₃	acetovanilona
32	25,82	168	C ₁₂ H ₈ O	dibenzofurano
33	26,29	182	C ₉ H ₁₀ O ₄	ácido homovanílico
34	30,32	194	C ₁₁ H ₁₄ O ₃	etoxieugenol

tR = tempo de retenção; *MM* = massa molecular

Pico	tR	MM	Formula	Nome
1	19,42	180	C ₁₀ H ₁₆ OSi	<i>o</i> -cresol TMS
2	20,56	254	C ₁₂ H ₂₂ OSi ₂	catecol 2-TMS
3	22,02	194	C ₁₀ H ₁₄ O ₂ Si	hidroxidobenzaldeído TMS
4	22,62	268	C ₁₃ H ₂₄ O ₂ Si ₂	metil-catecol 2-TMS
5	22,81	152	C ₈ H ₈ O ₃	vanilina
6	22,88	268	C ₁₃ H ₂₄ O ₂ Si	metilcatecol TMS
7	23,20	208	C ₁₁ H ₁₆ O ₂ Si	hidroxi-acetofenona TMS isômero 1
8	24,50	282	C ₁₄ H ₂₆ O ₂ Si ₂	hidroxifeniletanol 2-TMS
9	24,63	208	C ₁₁ H ₁₆ O ₂ Si	hidroxiacetofenona TMS isômero 2
10	25,12	166	C ₉ H ₁₀ O ₃	acetovanilona
11	26,33	224	C ₁₁ H ₁₆ O ₃ Si	vanilina TMS
12	26,45	282	C ₁₃ H ₂₂ O ₃ Si ₂	ácido hidroxidobenzóico 2-TMS
13	26,70	268	C ₁₃ H ₂₄ O ₂ Si ₂	metil-catecol 2-TMS isômero
14	26,83	254	C ₁₂ H ₁₈ O ₄ Si	éster metílico do ácido hidroxibenzóico TMS
15	27,17	236	C ₁₃ H ₂₀ O ₂ Si	eugenol TMS
16	28,44	238	C ₁₂ H ₁₈ O ₃ Si	acetovanilona TMS
17	28,95	312	C ₁₅ H ₂₈ O ₃ Si ₂	álcool homovanílico 2-TMS
18	29,37	182	C ₅ H ₁₀ O ₄	siringaldeído
19	32,97	326	C ₁₆ H ₃₀ O ₂ Si ₂	vanililpropanol 2-TMS
20	33,47	250	C ₁₃ H ₁₈ O ₃ Si	metil éster do ácido cinâmico TMS
21	37,38	328	C ₁₉ H ₄₀ O ₂ Si	ácido palmítico TMS
22	40,59	340	C ₂₂ H ₄₄ O ₂	ácido docosanóico

tR = tempo de retenção; *MM* = massa molecular

ANEXO 2 - TABELA PARA VALORES CRITICOS DE F

Limites unilaterais de F ao nível de 1% de probabilidade, para o caso de $F > 1$

n_2/n_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	20	24	30	40	60	120	∞
1	4052	5000	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022	6056	6082	6106	6125	6142	6157	6169	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.41	99.42	99.42	99.43	99.43	99.44	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.13	27.05	26.98	26.92	26.87	26.83	26.69	26.60	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.45	14.37	14.30	14.24	14.20	14.15	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.96	9.89	9.83	9.77	9.72	9.68	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.79	7.72	7.66	7.60	7.56	7.52	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
7	12.25	9.55	8.45	7.85	8.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.54	6.47	6.41	6.35	6.31	6.27	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.74	5.67	5.61	5.56	5.52	5.48	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.18	5.11	5.05	5.00	4.96	4.92	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.78	4.71	4.65	4.60	4.56	4.52	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.46	4.40	4.34	4.29	4.25	4.21	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.22	4.16	4.10	4.05	4.01	3.98	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	4.02	3.96	3.90	3.85	3.82	3.78	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.86	3.80	3.75	3.70	3.66	3.62	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.73	3.67	3.61	3.56	3.52	3.48	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.61	3.55	3.50	3.45	3.41	3.37	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.52	3.46	3.40	3.35	3.31	3.27	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.44	3.37	3.32	3.27	3.23	3.19	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.36	3.30	3.24	3.19	3.15	3.12	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.30	3.23	3.18	3.13	3.09	3.05	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.24	3.17	3.12	3.07	3.03	2.99	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.18	3.12	3.07	3.02	2.98	2.94	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.14	3.07	3.02	2.97	2.93	2.89	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.09	3.03	2.98	2.93	2.89	2.85	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	3.05	2.99	2.94	2.89	2.85	2.81	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	3.02	2.96	2.91	2.86	2.81	2.77	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.98	2.93	2.88	2.83	2.78	2.74	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.95	2.90	2.85	2.80	2.75	2.71	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.92	2.87	2.82	2.77	2.73	2.68	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.90	2.84	2.79	2.74	2.70	2.66	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.73	2.66	2.61	2.56	2.52	2.49	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.56	2.50	2.45	2.40	2.35	2.32	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.40	2.34	2.29	2.24	2.19	2.16	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.24	2.18	2.12	2.07	2.04	1.99	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00

n_1 = número de graus de liberdade do numerador e n_2 = número de graus de liberdade do denominador

Esta tabela foi adaptada do livro Curso de Estatística Experimental (12ª ed) de Frederico Pimentel Gomes, 1987.

APÊNDICES

APÊNDICE A - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO

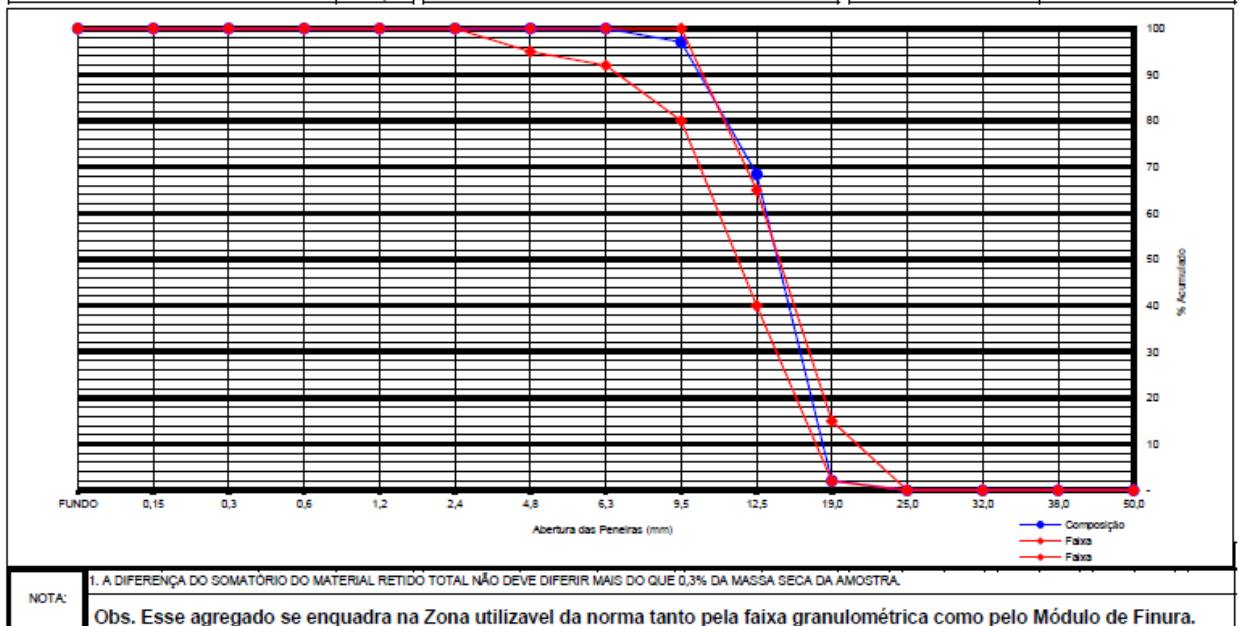
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO (NBR NM248/2003)													
Aluno: Vinicius Rodrigues Neres										Data: 19/08/2019			
Procedencia:										Amostra Nº 01			
Obra:										Material: Areia			
PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO			2ª DETERMINAÇÃO			MÉDIA % RETIDA		FAIXAS GRANULOMÉTRICAS-NBR 7211 AGR P/CONCRETO			
		MASSA	% RETIDA		MASSA	% RETIDA				ZONA-1	ZONA-2	ZONA-3	ZONA-4
Pol / Nº	(mm)	RETIDA (g)	Simples	Acumul.	RETIDA (g)	Simples	Acumul.	Simples	Acumul.	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA
3/8	9,5		-	-		-	-	-	-	0	0	0	0
1/4	6,3		-	-		-	-	-	-	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7
4	4,8	0,20	0,04	0,04	0,20	0,04	0,04	0,04	0,04	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
8	2,4	7,20	1,44	1,48	7,00	1,40	1,44	1,42	1,46	0 - 5	0 - 15	0 - 25	5 - 40
16	1,2	26,00	5,20	6,68	27,00	5,40	6,84	5,30	6,76	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70
30	0,6	80,30	16,06	22,74	80,50	16,10	22,94	16,08	22,84	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85
50	0,3	277,50	55,50	78,24	277,00	55,40	78,34	55,45	78,29	50 - 85	60 - 88	75 - 95	80 - 95
100	0,15	85,50	17,10	95,34	85,10	17,02	95,36	17,06	95,35	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
FUNDO		23,20	4,64	99,98	23,10	4,62	99,98	4,63	99,98	100	100	100	100
TOTAL		499,90	99,98		499,90	99,98		99,98		FAIXA GRANULOMÉTRICA			
TOTAL DA AMOSTRA		500,00	100,00		500,00	100,00		100,00		DETERMINE A ZONA:			
DIF. DA AMOSTRA		0,10	0,02		0,10	0,02		0,02		2			
MÓDULO DE FINURA		2,05			2,05			2,05		Areia Fina			
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:		4,8											

NOTA:


1. A DIFERENÇA DO SOMATÓRIO DO MATERIAL RETIDO TOTAL NÃO DEVE DIFERIR MAIS DO QUE 0,3% DA MASSA SECA DA AMOSTRA.
2. AS PORCENTAGENS RETIDAS INDIVIDUALMENTE NÃO DEVEM DIFERIR MAIS DO QUE 4% PARA AMOSTRAS DA MESMA ORIGEM.
3. OS MÓDULOS DE FINURA NÃO DEVEM VARIAR MAIS DO QUE 0,2% PARA MATERIAL DE UMA MESMA ORIGEM.

APÊNDICE B – COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAUADO

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAUADO (NBR NM 248)													
Cliente: GCP Gramprata Construtora e Pedreira Ltda Me								Data: 18/08/2019					
Município: Palmas -TO								Material: Brita 1					
Procedência: Fazenda Granito Lotiamento Sorriso Zona Rural													
Executor: Vinicius Rodrigues Neres				Engenheiro Responsável:									
PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO			2ª DETERMINAÇÃO			MÉDIA % RETIDA		FAIXAS GRANULOMÉTRICAS-NBR 7211 AGR P/CONCRETO			
Pol / Nº	(mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA Simples	% RETIDA Acumul.	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA Simples	% RETIDA Acumul.	Simples	Acumul.	GRADUAÇÃO			
										0	1	2	3
2	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 5
1 1/2	38,00	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 0	5 - 30
1 1/4	32,00	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 5	75 - 100
	25,00	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	5 - 25	87 - 100
	19,00	60,00	2,00	2,00	63,00	2,10	2,10	2,05	2,05	0 - 0	2 - 15	65 - 95	95 - 100
	12,50	1.995,00	66,50	68,50	1.989,00	66,30	68,40	66,40	68,45	0 - 5	40 - 65	92 - 100	100 - 100
	9,50	847,00	28,23	96,73	870,00	29,00	97,40	28,62	97,07	5 - 15	80 - 100	95 - 100	100 - 100
	6,30	98,00	3,27	100,00	78,00	2,60	100,00	2,93	100,00	40 - 90	92 - 100	100 - 100	100 - 100
	4,80	-	-	100,00	-	-	100,00	-	100,00	65 - 100	95 - 100	100 - 100	100 - 100
	2,40	-	-	100,00	-	-	100,00	-	100,00	95 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	1,20	-	-	100,00	-	-	100,00	-	100,00	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	0,60	-	-	100,00	-	-	100,00	-	100,00	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	0,30	-	-	100,00	-	-	100,00	-	100,00	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	0,15	-	-	100,00	-	-	100,00	-	100,00	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
FUNDO		-	-	100,00	-	-	100,00	-	100,00	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
TOTAL		3.000,00	100,00		3.000,00	100,00		100,00		FAIXA GRANULOMÉTRICA			
TOTAL DA AMOSTRA		3.000,00	100,00		3.000,00	100,00		100,00		DETERMINE GRADUAÇÃO:			
DIF. DA AMOSTRA		-	-		-	-		-		1			
MÓDULO DE FINURA		8,67			8,68			8,68		Brita			
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:		19,0											



APÊNDICE C – MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO GRAÚDO

 CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO" Credenciado pelo Decreto de 06/07/2000 - D.O.U. nº 130 de 07/07/2000			
MASSA ESPECÍFICA - - NBR-6508			
Picnômetro Nº	#	1	2
Massa Picnômetro+Brita+Água,T°C de Ensaio	(g)	2828,90	2828,30
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	2514,00	2514,00
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24
Massa Material Seco	(g)	500,00	500,00
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm³)	0,9981	0,9981
Massa Específica	(g/cm³)	2,70	2,69
Massa Específica Média	(g/cm³)	2,70	

APÊNDICE D – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

CEULP/ULBRA

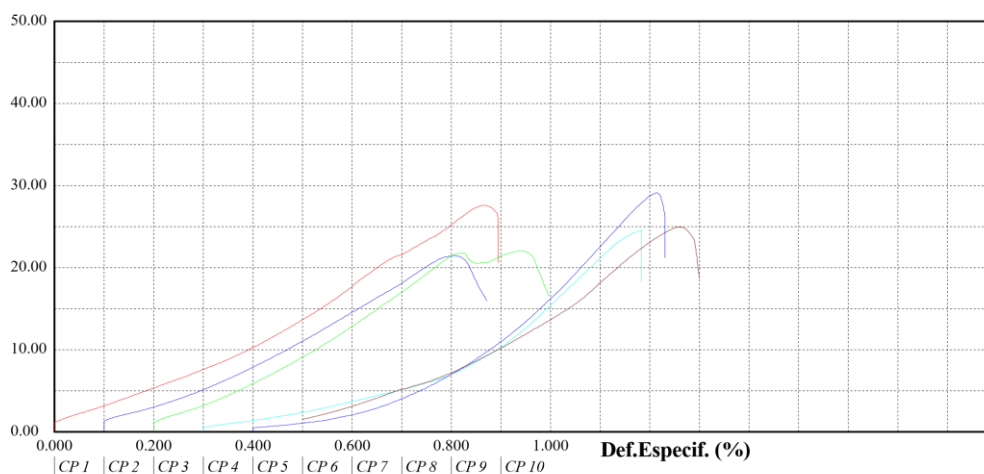
Laboratório de Materiais de Construção

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 30** Extensômetro: **Trd 10** Data: **03/10/2019** Hora: **17:36:45** Trabalho n°**4094** Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **Concreto compressão extensômetro 180tf**Ident. Amostra: Concreto referência Cliente: **Vinícius** Data moldagem: Idade da Amostra: **07 DIAS**

Corpo de Prova	Força Ruptura (kgf)	Tensão Ruptura (MPa)
CP 1	22137	27.6
CP 2	17216	21.5
CP 3	17693	22.1
CP 4	19742	24.6
CP 5	23352	29.2
CP 6	20013	25.0
Número CPs	6	6
Média	20030	25.00
Desv.Padrão	2406	3.004
Coef.Var.(%)	12.01	12.01
Mínimo	17220	21.50
Máximo	23350	29.16

Tensão (MPa)



Observação: Referência

CEULP/ULBRA

Laboratório de Materiais de Construção

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 30** Extensômetro: **Trd 10** Data: **09/10/2019** Hora: **17:31:46** Trabalho n°

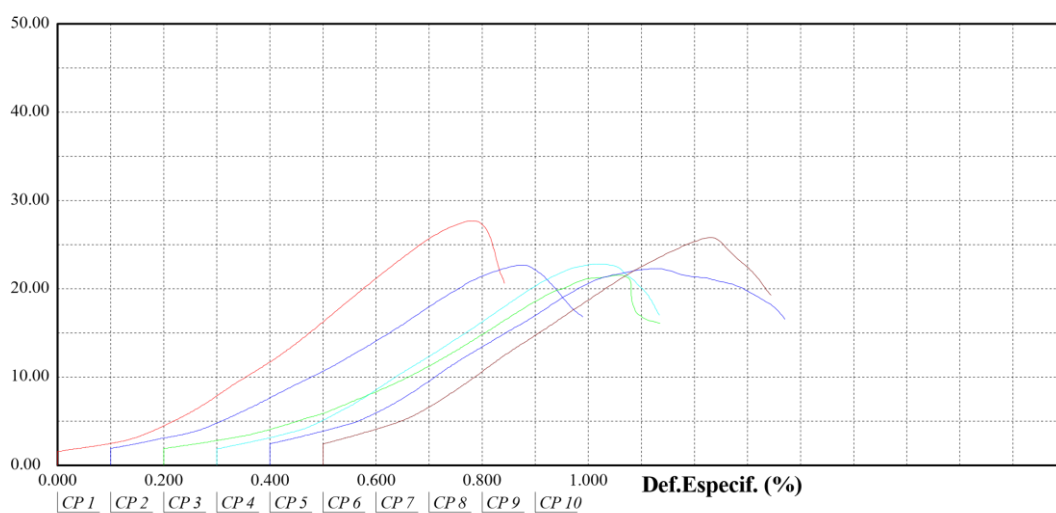
4099 Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **Concreto compressão extensômetro 180tf**

Ident. Amostra: Bio-óleo 0,5% Cliente: **Vinícius** Data moldagem:

Idade da Amostra: **07 DIAS**

Corpo de Prova	Força Ruptura (kgf)	Tensão Ruptura (MPa)
CP 1	22203	27.7
CP 2	18170	22.7
CP 3	17292	21.6
CP 4	18311	22.9
CP 5	17866	22.3
CP 6	20706	25.9
Número CPs	6	6
Média	19090	23.84
Desv.Padrão	1923	2.401
Coef.Var.(%)	10.07	10.07
Mínimo	17290	21.59
Máximo	22200	27.72

Tensão (MPa)



Observação: 0,5%

CEULP/ULBRA

Laboratório de Materiais de Construção

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 30** Extensômetro: **Trd 10** Data: **04/10/2019** Hora: **16:44:21** Trabalho n°

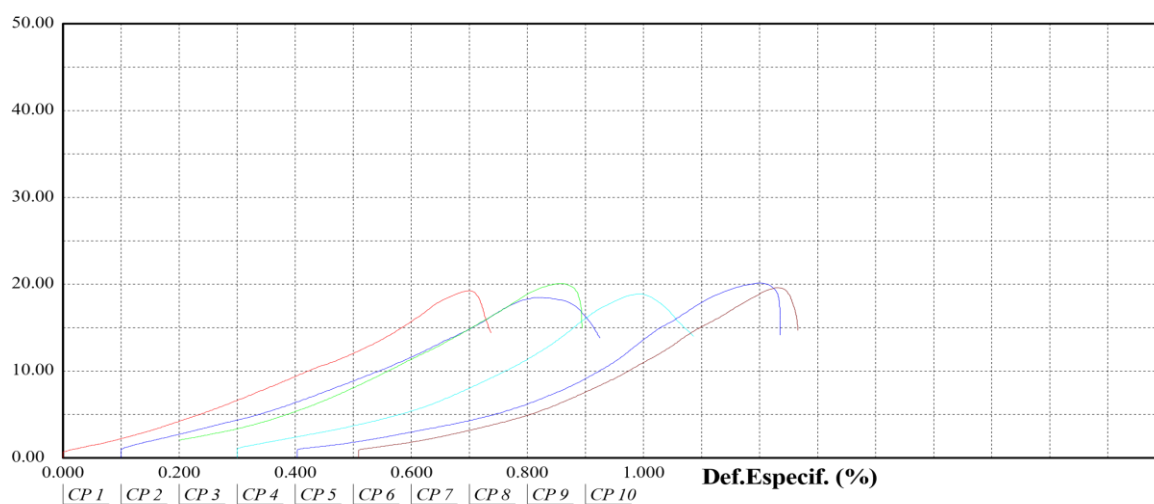
4095 Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **Concreto compressão extensômetro 180tf**

Ident. Amostra: Bio-óleo 1% Cliente: **Vinícius** Data moldagem:

Idade da Amostra: **07 DIAS**

Corpo de Prova	Força Ruptura (kgf)	Tensão Ruptura (MPa)
CP 1	15449	19.3
CP 2	14820	18.5
CP 3	16099	20.1
CP 4	15134	18.9
CP 5	16132	20.1
CP 6	15730	19.6
Número CPs	6	6
Média	15560	19.43
Desv.Padrão	526.9	0.6579
Coef.Var.(%)	3.386	3.386
Mínimo	14820	18.50
Máximo	16130	20.14

Tensão (MPa)



Observação: 1%

CEULP/ULBRA

Laboratório de Materiais de Construção

Relatório de Ensaio

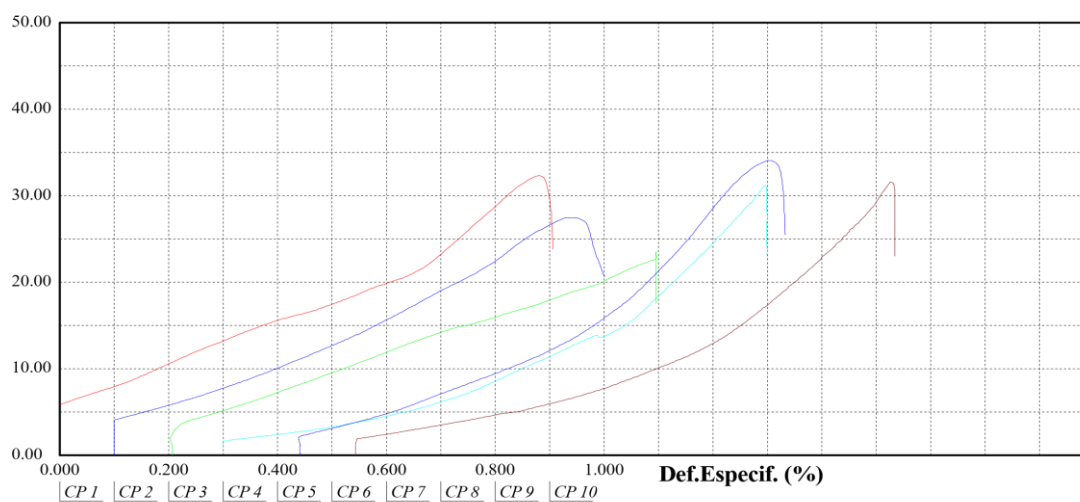
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 30** Extensômetro: **Trd 10** Data: **10/10/2019** Hora: **17:33:42** Trabalho n°

4120 Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **Concreto compressão extensômetro 180tf**

Ident. Amostra: Concreto referência Cliente: **Vinícius** Data moldagem: Idade da Amostra: **14 DIAS**

Corpo de Prova	Força Ruptura (kgf)	Tensão Ruptura (MPa)
CP 1	25943	32.4
CP 2	22029	27.5
CP 3	18896	23.6
CP 4	24989	31.2
CP 5	27309	34.1
CP 6	25325	31.6
Número CPs	6	6
Média	24080	30.07
Desv.Padrão	3077	3.842
Coef.Var.(%)	12.78	12.78
Mínimo	18900	23.59
Máximo	27310	34.10

Tensão (MPa)



Observação: Traço Referência 14 Dias

CEULP/ULBRA

Laboratório de Materiais de Construção

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 30** Extensômetro: **Trd 10** Data: **16/10/2019** Hora: **14:41:25** Trabalho nº **4127**

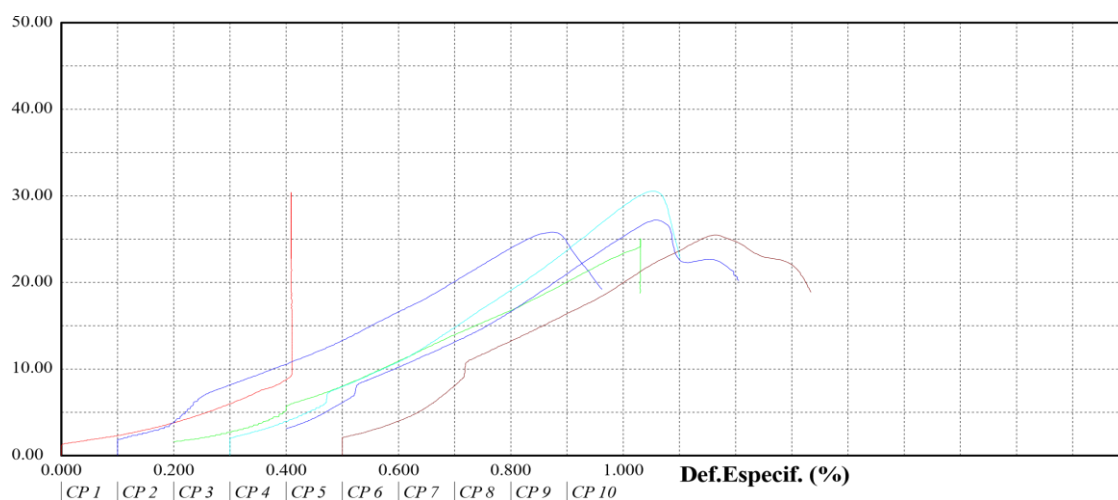
Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **Concreto compressão extensômetro 180tf**

Ident. Amostra: Bio-óleo 0,5% Cliente: **Vinícius** Data moldagem:

Idade da Amostra: **14 DIAS**

Corpo de Prova	Força Ruptura (kgf)	Tensão Ruptura (MPa)
CP 1	24371	30.4
CP 2	20696	25.8
CP 3	20078	25.1
CP 4	24479	30.6
CP 5	21801	27.2
CP 6	20446	25.5
Número CPs	6	6
Média	21980	27.44
Desv.Padrão	1981	2.473
Coef.Var.(%)	9.012	9.012
Mínimo	20080	25.07
Máximo	24480	30.57

Tensão (MPa)



Observação: 0,5%

CEULP/ULBRA

Laboratório de Materiais de Construção

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 30** Extensômetro: **Trd 10** Data: **11/10/2019** Hora: **17:44:20** Trabalho nº **4126**

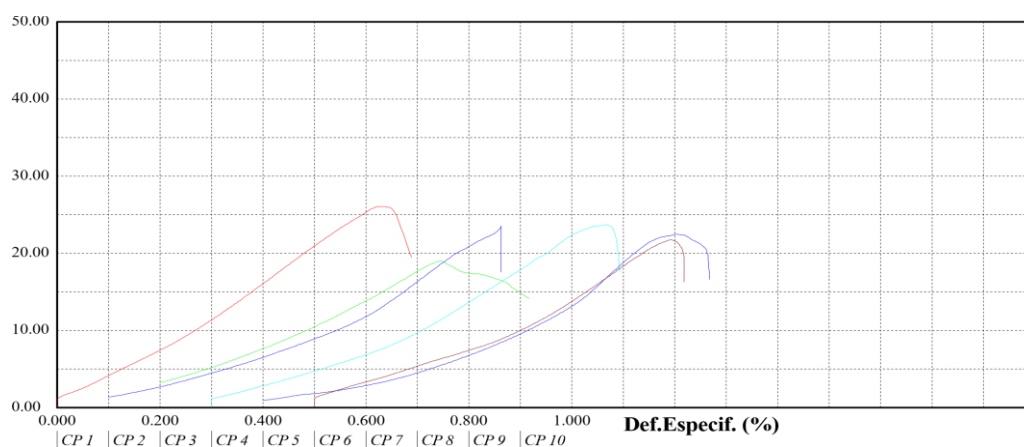
Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **Concreto compressão extensômetro 180tf**

Ident. Amostra: Bio-óleo 1,0% Cliente: **Vinícius** Data moldagem:

Idade da Amostra: **14 DIAS**

Corpo de Prova	Força Ruptura (kgf)	Tensão Ruptura (MPa)
CP 1	20880	26.1
CP 2	18874	23.6
CP 3	15221	19.0
CP 4	19015	23.7
CP 5	18018	22.5
CP 6	17422	21.8
Número CPs	6	6
Média	18240	22.77
Desv.Padrão	1887	2.356
Coef.Var.(%)	10.35	10.35
Mínimo	15220	19.01
Máximo	20880	26.07

Tensão (MPa)



Observação: 1,0%

CEULP/ULBRA

Laboratório de Materiais de Construção

Relatório de Ensaio

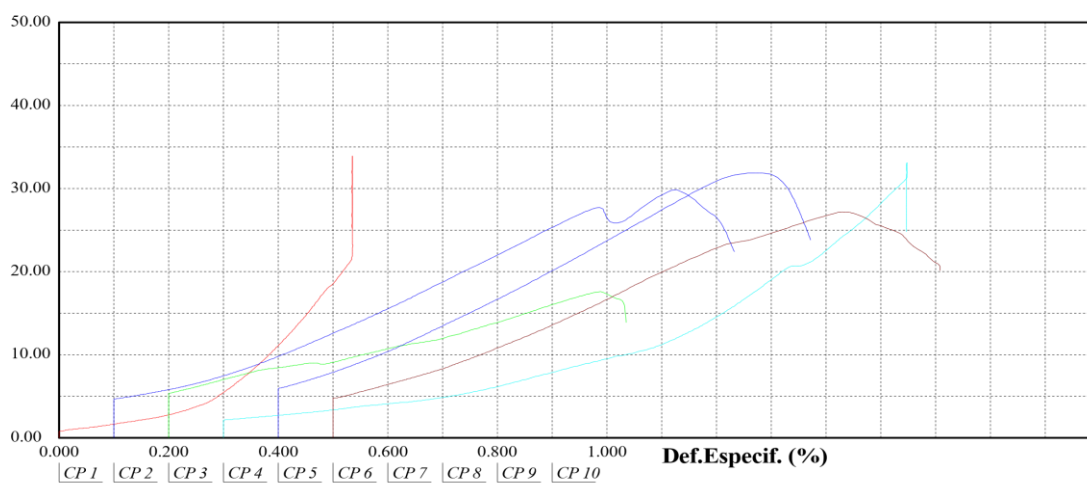
Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 30** Extensômetro: **Trd 10** Data: **24/10/2019** Hora: **10:58:54** Trabalho n°

4145 Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **Concreto compressão extensômetro 180tf**

Ident. Amostra: Concreto referência Cliente: **Vinícius** Data moldagem: Idade da Amostra: **28 DIAS**

Corpo de Prova	Força Ruptura (kgf)	Tensão Ruptura (MPa)
CP 1	27179	33.9
CP 2	23959	29.9
CP 3	14115	29,6
CP 4	26539	33.1
CP 5	25563	31.9
CP 6	21791	27.2
Número CPs	6	6
Média	23190	30,93
Desv.Padrão	4851	6.057
Coef.Var.(%)	20.92	20.92
Mínimo	14120	27.12
Máximo	27180	33.94

Tensão (MPa)



Observação: 28 dias

CEULP/ULBRA

Laboratório de Materiais de Construção

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 30** Extensômetro: **Trd 10** Data: **29/10/2019** Hora: **17:26:15** Trabalho nº **4156**

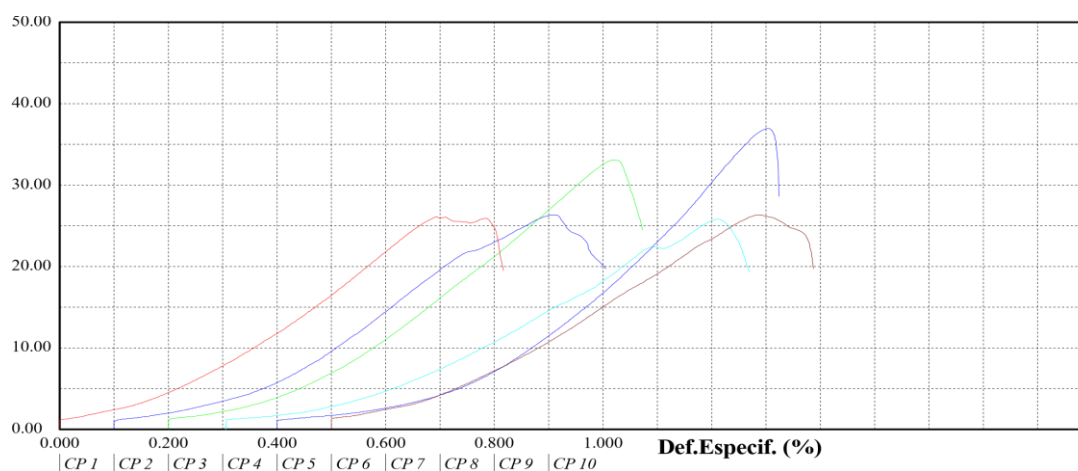
Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **Concreto compressão extensômetro 180tf**

Ident. Amostra: Bio-óleo 0,5% Cliente: **Vinícius** Data moldagem:

Idade da Amostra: **28 DIAS**

Corpo de Prova	Força Ruptura (kgf)	Tensão Ruptura (MPa)
CP 1	20945	26.2
CP 2	21118	26.4
CP 3	26528	33.1
CP 4	20685	25.8
CP 5	29607	37.0
CP 6	21140	26.4
Número CPs	6	6
Média	23340	29.14
Desv.Padrão	3795	4.738
Coef.Var.(%)	16.26	16.26
Mínimo	20680	25.83
Máximo	29610	36.97

Tensão (MPa)



Observação: 0,5%

CEULP/ULBRA

Laboratório de Materiais de Construção

Relatório de Ensaio

Máquina: **Emic DL30000** Célula: **Trd 30** Extensômetro: **Trd 10** Data: **28/10/2019** Hora: **15:31:50** Trabalho n°

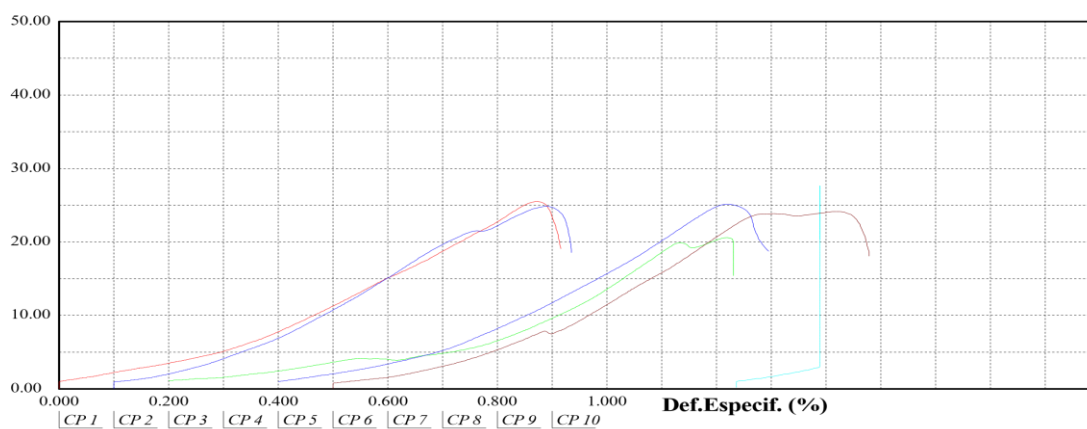
4155 Programa: **Tesc versão 1.10** Método de Ensaio: **Concreto compressão extensômetro 180tf**

Ident. Amostra: Bio-óleo 1,0% Cliente: **Vinícius** Data moldagem:

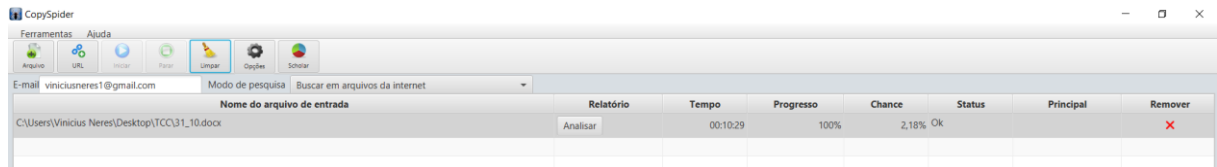
Idade da Amostra: **28 DIAS**

Corpo de Prova	Força Ruptura (kgf)	Tensão Ruptura (MPa)
CP 1	20468	25.6
CP 2	19926	24.9
CP 3	20543	25.7
CP 4	22159	27.7
CP 5	20164	25.2
CP 6	19362	24.2
Número CPs	6	6
Média	19770	25,55
Desv.Padrão	1841	1,180
Coef.Var.(%)	9.313	9.313
Mínimo	16540	20.66
Máximo	22160	27.67

Tensão (MPa)



Observação: 1%



[Exportar relatório](#)
[Referências ABNT](#)
[Visualizar ▼](#)

31_10.docx (31/10/2019):

Documentos candidatos

- repositorio.ufsc.br/... [2,18%]
- riuni.unisul.br/bits... [2,17%]
- abesc.org.br/assets/... [1,89%]
- estacioribeirao.com.... [1,25%]
- passeidireto.com/arq... [0,87%]
- scielo.br/pdf/bjft/v... [0,33%]
- posgraduando.com/com... [0,19%]
- italocegatta.github.... [0,16%]
- pt.scribd.com/docume... [0%]

Arquivo de entrada: 31_10.docx (7717 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
repositorio.ufsc.br/...	Visualizar	7090	317	2,18	
riuni.unisul.br/bits...	Visualizar	12830	437	2,17	
abesc.org.br/assets/...	Visualizar	7330	280	1,89	
estacioribeirao.com....	Visualizar	2865	131	1,25	
passeidireto.com/arq...	Visualizar	494	71	0,87	
scielo.br/pdf/bjft/v...	Visualizar	3987	39	0,33	
posgraduando.com/com...	Visualizar	1177	17	0,19	
italocegatta.github....	Visualizar	2075	16	0,16	
pt.scribd.com/docume...	Visualizar	213	0	0	
docplayer.com.br/139...	-	-	-	-	Download falhou. HTTP response code: 0