UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Centro Tecnológico

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Credenciamento/CFE/parecer n. 288/2015, portaria n. 656 de 27/06/2017.

PROCESSO SELETIVO EDITAL 01/2021

Etapa I: Prova de Conhecimento Técnico (eliminatória e classificatória)

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CONSTRUÇÃO CIVIL

(PARA TODAS AS LINHAS DE PESQUISA)

(ESTA PROVA CONTÉM 7 QUESTÕES COM SUAS RESPECTIVAS PONTUAÇÕES DEFINIDAS EM CADA CASO, DISTRIBUIDAS EM 3 PÁGINAS)

Instruções para realização e envio da prova.

- Recomenda-se ler com atenção o texto da prova.
- Realize a prova no papel de sua preferência.
- Deve-se usar caneta esferográfica azul ou preta.
- Coloque nome em todas as folhas.
- Termine a prova até as 11h, prepare um scan de boa qualidade de suas respostas (podendo ser foto digitalizada de aparelho celular ou usar aplicativo/aparelho de sua preferência), preferencialmente documento com extensão pdf. É impossível corrigir provas ilegíveis, sendo de responsabilidade do candidato garantir a qualidade do arquivo legível enviado.
- Altere o nome do arquivo de suas respostas para: provatecnica-nome-sobrenome.pdf Exemplo: Se o candidato chamar Humberto Breves Coda o nome do arquivo será: provatecnica-humberto-coda.pdf
- Envie o arquivo de suas respostas (como anexo) por email para pos.engenhariacivil@ufes.br até as 11h30min.
- A prova deverá ser obrigatoriamente feita de próprio punho (escrita à mão). Não é necessário imprimir ou transcrever as questões da prova. Apenas enviar as folhas com as respostas.

1. Considere a construção de uma estrutura única de 5.000 m³ em concreto massa, densamente armada, para fundação de um edifício em Vitória – ES, em meio marinho, UR = 80% e temperatura média de 28ºC.
Defina a forma de escolha dos agregados a serem empregados (características dos agregados), o tipo de aditivo químico recomendado, tipo de cimento normalizado no Brasil mais indicado e adições minerais (caso se aplique) que poderiam contribuir para o desempenho da estrutura para esse estudo de caso. Justifique. ***(1,0 ponto)***

- Agregado graúdo britado com dimensão máxima de 12,5 mm (4,75/12,5 mm), agregado miúdo com granulometria contínua (natural). Agregados sem substâncias nocivas presentes em porcentagem superior ao permitido em norma (NBR 7211: torrões de argila, materiais carbonosos, material pulverulento, impurezas orgânicas, cloretos e sulfatos). Agregados com formato cúbico ou arredondado. Essas características favoreceriam a moldagem do elemento densamente armado, que precisa de um slump alto (ou concreto autoadensável), aumentando a compacidade e reduzindo o volume de pasta necessário para preencher os vazios entre grãos. A

ausência de substâncias nocivas não comprometeria o tempo de pega, a trabalhabilidade, resistência à compressão e durabilidade do elemento.

- Aditivo: redutor de água para permitir a redução da a/c e diminuir a porosidade do concreto. No caso de utilizar CAA, deve-se fazer uso de superplastificante, caso seja concreto convencional com slump alto, admite-se polifuncional ou plastificante. Caso seja utilizado plastificante, o teor máximo deve ser controlado para não retardar o tempo de pega.

- Adições: usando o cimento CP III, não é necessário utilizar outras adições.

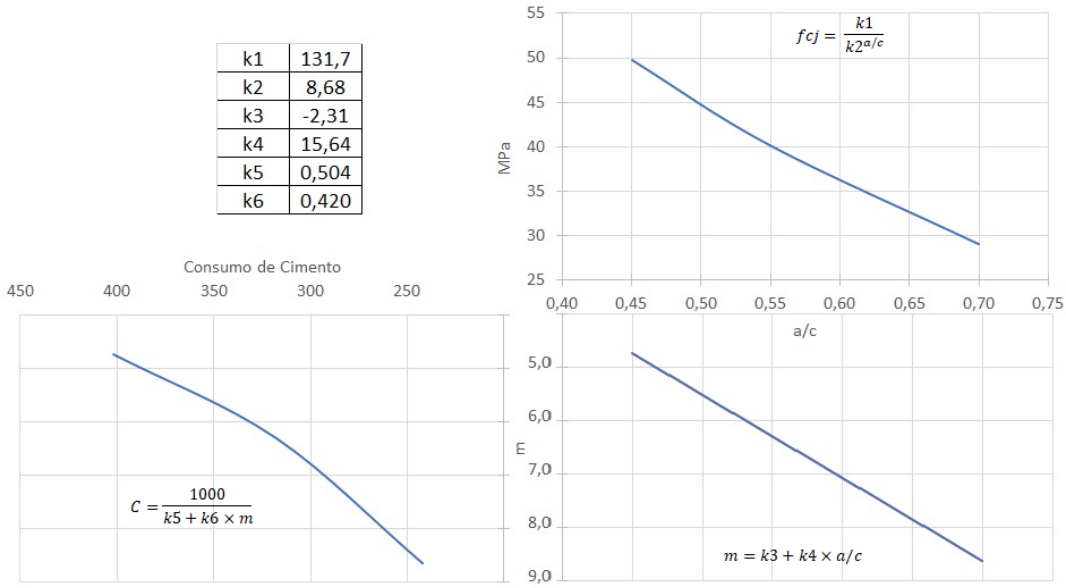
- Cimento CP III: menor calor de hidratação, resistente à sulfatos e com disponibilidade na região.

2. Cite e justifique 3 (três) estratégias para o aumento da sustentabilidade na construção civil, focando no concreto (escolha de materiais, propriedades, dosagem, produção e execução) utilizado em obras. ***(1,5 ponto)***

- Redução da informalidade: a informalidade nos processos de extração de agregados e madeira agrava o impacto ambiental, ao provocar a destruição descontrolada de áreas protegidas e o desperdício de materiais primas. A exigência de licenciamento ambiental de fornecedores e o controle direto da origem das cargas é uma necessidade para a produção sustentável do concreto.
- Redução de perdas: geração de resíduos por perdas em areia, brita e cimento são frequentes em obras. Umidade e rasgamento de sacos de cimento, seja no estoque ou no transporte, além de superdosagem são causas de perdas desses materiais. Utilização de concreto usinado, melhoria do estoque de materiais básicos, controle dimensional de formas, melhoria do planejamento e controle de horário de estrega do concreto usinado, são estratégias adequadas para redução do desperdício.
- Aumento da resistência mecânica: o aumento da resistência mecânica do concreto é uma forma de reduzir o consumo de materiais de peças submetidas à compressão, reduzindo o uso de matérias-primas.
- Minimização do teor de clínquer: substituição do clínquer por resíduos e fíler, permite a redução de impactos ambientais.
- Otimização do uso de ligantes: uso de escórias de alto forno, pozolanas. Indicador: índice de intensidade de ligante.
- Intensidade de CO_2: massa de CO_2 emitida por m^3 de concreto e por MPa de resistência à compressão.
- Seleção e otimização das formas: a seleção e otimização das formas ou utilização de formas industrializadas permite reduzir perdas incorporadas no concreto devido a espessura além do necessário. Além disso, formas bem projetadas são mais duráveis, o que diminui a geração de resíduos, particularmente se forem de madeira.
- Minimização da variabilidade do processo: a variabilidade do processo implica na produção de concretos com maior resistência de forma a garantir confiança estatística para o f_{ck}.
- Durabilidade: maximização da vida útil.

3. A Figura abaixo mostra o diagrama de dosagem de uma família de concreto com abatimento de tronco de cone igual a 12 ± 2 cm e teor de argamassa de 52%, realizado por uma central dosadora. O desvio-padrão dos resultados de resistência à compressão dessa central dosadora é de 3,2 MPa.

k1	131,7
k2	8,68
k3	-2,31
k4	15,64
k5	0,504
k6	0,420



Considerando o uso dos mesmos materiais constituintes empregados na confecção da curva de dosagem, apresente o consumo de materiais (em kg) por m³ de concreto a ser produzido (cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água) para fabricação de um concreto a ser executado em classe de agressividade ambiental I (agressividade fraca), com resistência característica à compressão (f_{ck}) de 30 MPa e slump de 12 cm. Apresentar todos os cálculos e resultados com aproximação de 2 casas decimais. ***(1,5 ponto)***

Fcj= 35,28 MPa
a/c = 0,61
m = 7,23 (a = 3,28 e b = 3,95)
Consumo de cimento = 277,18 kg
Consumo de areia = 931,32 kg
Consumo de brita = 1.117,04 kg
Consumo de água = 171,85 kg

4. Após a preparação de uma argamassa mista, dosada em obra, realizou-se o ensaio de massa específica da mistura, utilizando um recipiente de 500 ml, obtendo-se um valor de massa, já descontada a massa do recipiente, igual a 925 g. A relação água/cimento empregada foi de 0,85 (água = 1 kg/dm³). Considerando as características físicas dos materiais constituintes da argamassa apresentadas na tabela abaixo, calcule o teor de ar incorporado na mistura. Apresentar todos os cálculos e o resultado com aproximação de 2 casas decimais. ***(1,5 ponto)***

Propriedades	Cimento	Cal	Areia
Proporcionamento em massa seca	1,0	0,5	4,5

Massa específica (kg/dm³)	3,00	2,40	2,60
Massa unitária (kg/dm³)	1,20	1,35	1,40

Ar incorporado: 15,67%

5. Considere as informações retiradas do laudo de um cimento comercializado atualmente no Brasil, apresentado na tabela abaixo. Com base na análise nessas informações, discorra sobre esse cimento, abordando as respostas para as seguintes questões: Qual(is) a(s) adição(ões) mineral(is) presente(s) nesse cimento? Seu uso é recomendado para fabricação de concretos em contato com águas sulfatadas? É um cimento que possui desenvolvimento de reações rápido? Qual a sua classe de resistência? Justifique todas as respostas. ***(1,5 ponto)***

Químicos	Al_2O_3 (%)	9,74
	SiO_2 (%)	29,02
	Fe_2O_3 (%)	3,89
	CaO (%)	44,75
	MgO (%)	2,93
	SO_3 (%)	2,15
	Perda ao Fogo (%)	5,28
	CaO Livre (%)	1,00
	Resíduo Insolúvel (%)	25,04
	Equivalente Alcalino (%)	1,09
Físicos	Expansibilidade a Quente (mm)	0,18
	Tempo de Início de Pega (min)	215
	Tempo de Fim de Pega (min)	278
	Consistência Normal (%)	30,4
	Blaine (cm²/g)	4.283
	Resíduo na Peneira 200 (%)	0,40
	Resíduo na Peneira 325 (%)	2,27
	Massa Específica (g/cm³)	2,83
	Resistência à compressão com 1 dia (MPa)	13,5
	Resistência à compressão com 3 dias (MPa)	24,8
	Resistência à compressão com 7 dias (MPa)	30,9
	Resistência à compressão com 28 dias (MPa)	43,2

Laudo típico de CP IV RS.
- Adições: fíler calcário: todo o cimento nacional possui adição de fíler calcário e é possível identificar a presença pela elevada perda ao fogo; e pozolana (cinza volante), pela alta porcentagem de resíduo insolúvel.
- Seu uso é geralmente recomendado para concretos em contato com águas sulfatadas, pela presença de pozolana, que consome $Ca(OH)_2$ da mistura e diminui o risco de fissuração devido a formação de etringita após o endurecimento do concreto.

- Não é um cimento com desenvolvimento de reações rápido, embora seja fino, é um cimento lento, pela presença de alta quantidade de pozolana.
- Classe de resistência 32, mas aceita-se a resposta de 40, devido ao valor da resistência à compressão com 28 dias.

6. Sobre as prescrições da ABNT NBR 7211 (2005) acerca do teor de material pulverulento presente nos agregados, responda: Por que o limite de material pulverulento aceitável para agregados graúdos é inferior ao limite aceitável para agregados miúdos? Por que a norma admite um teor de material pulverulento maior para agregados miúdos originados da britagem de rocha do que aqueles teores admitidos para os agregados miúdos naturais? ***(1,5 ponto)***

Nos agregados graúdos, o teor limite de material pulverulento é de 1%, enquanto nos agregados miúdos naturais pode chegar a 5%. Isso ocorre pela maior área superficial do agregado miúdo. O material pulverulento pode ficar na superfície dos grãos maiores de agregados, prejudicando a perfeita aderência entre a pasta de cimento e os grãos. No caso do agregado graúdo, a área superficial é pequena, portanto, um pequeno teor já pode comprometer a aderência.

Em relação aos agregados miúdos oriundos do britamento de rochas, a norma permite que esses valores sejam de até 12%, sendo as principais razões para essa maior tolerância: o material pulverulento oriundo do britamento de rochas, diferentemente dos agregados de origem natural, não costuma conter argila, que pode ser expansiva; o formato dos grãos mais lamelares presentes em agregados britados pode prejudicar a trabalhabilidade das misturas, e a presença de uma pequena parcela de finos contribui para o melhor rolamento das partículas; o pulverulento costuma ficar mais próximo do limite de 0,075 mm para esses agregados, sendo muito mais fino para os agregados naturais.

7. Um dos mecanismos de deterioração na estrutura de concreto, conhecido como DEF (Delayed ettringite formation), é considerado um dos fenômenos mais graves de degradação da estrutura e está relacionado a fase de execução da obra. Indique qual a principal razão da formação da DEF nas estruturas em idades mais avançadas. De que forma esse problema pode ser mitigado? ***(1,5 ponto)***

A DEF, também conhecida como Etringita Tardia, é uma manifestação patológica que desencadeia um processo de fissuração, por expansão, na massa de concreto. Está relacionada com o controle rigoroso da temperatura de cura da massa de concreto na fase de obra. Em temperaturas mais altas, após a cura, o concreto endurece e a etringita fica latente, podendo se manifestar em períodos prolongados, entre cinco, dez quinze ou vinte anos. A forma de mitigar ou diminuir essa deterioração é controlando a temperatura de cura do concreto na etapa de obra, não devendo ultrapassar entre 65 e 70 graus Celsius. Para isso, controla-se a temperatura de cura do concreto, com procedimentos como: resfriamento do concreto utilizando gelo ao invés da água de amassamento, nitrogênio líquido, diminuição da temperatura dos agregados utilizados no concreto, mantas geotérmicas, entre outros.