

PROPOSTA DE UM MÉTODO DE DOSAGEM PARA CONCRETO LEVE

MIX DESIGN METHOD LIGHTWEIGHT CONCRETE

Wesley Batista Pereira¹
Simone Perruci Galvão²

RESUMO

Existem várias metodologias de dosagem de concreto de cimento Portland, entre estas, o método recomendado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT/EPUSP- bastante disseminado no Brasil. Porém este método não apresenta fatores de dosagens para o concreto leve, sendo assim, este trabalho teve por objetivo propor um método de dosagem baseado no método IPT, para concretos leves com EPS. O concreto foi dosado com cimento CPV ARI, areia, EPS e água, sendo executados dois volumes de agregados (m) fazendo-se assim um traço rico e um traço pobre, sendo eles: 1:1, 1:2 (traços dos agregados em volume real (L) por kg de cimento), respectivamente. Em seguida, cada traço (1:m) foi dosado com três teores diferentes de EPS (25, 50 e 75%, em relação à cada “m”). As propriedades dos concretos foram avaliadas no estado fresco, através do ensaio de abatimento do tronco de cone (ABNT NBR 16889:2020) e massa específica através do método do volume conhecido, e, no estado endurecido, pelo ensaio massa específica (ABNT NBR 9778:2005) e resistência à compressão (ABNT NBR 5739:2018). Com os resultados obtidos a partir deste estudo foi possível elaborar um diagrama de dosagem para cada “m” analisado, com obtenção dos valores do teor de EPS, projeção de resistência à compressão e abatimento, indicados em um ábaco de dosagem, confeccionados a partir dos resultados dos ensaios, parâmetros estes indispensáveis para a determinação do traço de concreto.

Palavras-chave: concreto leve; EPS; dosagem.

ABSTRACT

There are several methodologies for Portland cement concrete dosage, among these, the method recommended by the Technological Research Institute of the State of São Paulo - IPTUSP, this is widespread in Brazil. Although it does not present dosage factors for lightweight concrete, therefore this paper aims to propose a dosage method based on the IPT method for lightweight concrete with EPS. The concrete was dosed with CPV ARI cement, sand and EPS, and two volumes of aggregates (m) were made, thus making a rich and a poor trace, For this, two aggregate contents (m) were executed, thus making a rich and a poor mix, being them: 1:1, 1:2

¹Bacharelado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho. 2022

²Doutora em Engenharia dos Materiais (UFPE), Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho.

(aggregates mix in real volume (L) per kg of cement), respectively. Then, each mix (1:m) was dosed with three different levels of EPS (25, 50 and 75%, in relation to each "m"). The properties of the concretes were evaluated in the fresh state, through the slump test (ABNT NBR 16889:2020) and specific mass through the known volume method, and, in the hardened state, by the specific mass test (ABNT NBR 9778:2005) and compressive strength (ABNT NBR 5739:2018). With the results obtained from this study, it was possible to elaborate a dosage diagram for each "m" analyzed, obtaining the values of the EPS content, projection of compressive and slump resistance, indicated in a dosage abacus made from the test results, these parameters are essential for the determination of the concrete mix.

Keywords: lightweight concrete; EPS; mix design concrete.

INTRODUÇÃO

O concreto leve apresenta uma massa específica abaixo de 2000 kg/m^3 e é constituído por cimento Portland, como principal aglomerante, agregados leves e/ou incorporador de ar. Os insumos são misturados até formar um composto homogêneo e com fluidez suficiente para transporte, lançamento e adensamento. As propriedades de resistência à compressão e a massa específica são as mais referenciadas na caracterização destes concretos (OZÓRIO, 2016).

De acordo com Santos, Vieira e Oliveira (2018), o estudo e a substituição dos agregados convencionais por agregados leves de diversas origens resultaram, durante a Primeira Guerra Mundial, na obtenção e início dos estudos de concretos leves. No caso dos concretos leves, a resistência à compressão é menor, devido a menor resistência e a maior porosidade dos agregados leves.

O concreto com agregados leves ou concreto leve estrutural é utilizado em diversos campos da construção civil, como edifícios e pré-fabricados. Os benefícios propiciados pelos mesmos repercutem na redução do esforço dos elementos estruturais da construção, redução dos custos de transporte e montagem de

estruturas pré-fabricadas (ROSSIGNOLO, 2009).

Dentre os materiais que podem ser reutilizados dentro do escopo da construção civil, especificamente como substituto parcial do agregado nas massas cimentícias, encontra-se o Poliestireno expandido (EPS) (NEGRÃO et al., 2019).

O EPS foi descoberto na Alemanha em 1949, no laboratório da BASF, é composto por 2 % de poliestireno e 98 % de ar, sendo um plástico celular rígido formado da polimerização do estireno em água. Por ter um baixo custo e características físicas favoráveis, ele apresentou uma posição estável no mercado, sendo bastante utilizado na construção civil, dada a sua propriedade de isolamento térmico e leveza (MONCADA et. al., 2019).

Segundo Catoia (2012), o concreto leve com EPS é um material novo, por isso não existem normas específicas que certifiquem sua utilização, como no caso da argila expandida. Para isso, é necessário que as características de desempenho do material sejam comprovadas e adequadas ao tipo de utilização, uma vez que reúne condições viáveis para emprego em diversos tipos de construção.

O estudo de dosagem do concreto é o processo pelo qual se faz a seleção e se estabelece os quantitativos de cada material

utilizado na composição do material cimentício, de forma a obter os requisitos de trabalhabilidade, resistência mecânica e durabilidade, da maneira mais econômica possível (MARTINS et al., 2001).

Há muitos estudos de EPS como agregado leve no concreto e as dosagens são feitas de diversas maneiras. Alguns estudos partem de traços pré-determinados, como por exemplo, o estudo de Ozório (2016). Neste, a investigação experimental partiu de uma dosagem inicial, fornecida pelo Engenheiro Milton José Kerbauy, que também forneceu o material de estudo para a pesquisa de Catoia (2012), traço este patenteado e depositado no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Neste estudo, Ozório (2016) começa partindo do traço Kerbauy, fazendo um estudo refinado da variação dos componentes dos traços de concreto leve com EPS, buscando melhorar o desempenho mecânico do material e encontrar um concreto com massa específica aparente aproximada de 1250 kg/m^3 . O autor acrescentou fibras e adição mineral na mistura e reduziu o volume de EPS no traço, mudando granulometria de areia. Ao todo fez 45 traços.

No estudo de Santos, Vieira e Oliveira (2018), foram comparados dois tipos de agregados leves, com agregados do tipo poliestireno expandido e a escória leve de alto forno. A dosagem do traço de concreto leve foi efetuada com base em método de dispersão granulométrica de Andreassen, na qual a porcentagem de contribuição de cada material é determinada de modo que a mistura tenha a distribuição granulométrica mais próxima da curva idealizada por Andreassen. Por este, o agregado de escória leve de alto forno conseguiu gerar concreto com densidades de até 1800 kg/m^3 , já o EPS conseguiu

prover concretos com densidades de até 1200 kg/m^3 .

O trabalho de Gonçalves e Tomim (2018), teve como objetivo estudar a resistência à compressão axial e massa específica do concreto, substituindo o agregado graúdo por poliestireno expandido (EPS). O objetivo deste estudo foi demonstrar a possibilidade de utilização deste concreto em estruturas. A mistura de referência foi dosada utilizando o método ABCP, para uma resistência de 25 MPa (sem adição de EPS). Foram realizadas misturas com 20% e 40%, de EPS, em substituição do agregado graúdo - em relação ao seu volume - chegando a resultados da resistência à compressão, aos 28 dias, de 18,82 MPa e 13,46 MPa, inferiores à 42% e 58%, respectivamente, em relação ao traço "padrão". Neste caso, como os concretos não obtiveram resistência à compressão maior que 20 MPa, não poderão ser utilizados com fins estruturais, de acordo com a norma NBR 6118 (ABNT, 2014).

Como pode ser visto pelas diversas metodologias empregadas nos trabalhos acadêmicos e apesar da grande importância do concreto, ainda não há um consenso sobre um método de dosagem que poderia embasar a elaboração de uma norma brasileira. Assim, ao longo do tempo, surgiram vários métodos de dosagem propostos por pesquisadores e que são utilizados pelos profissionais. A norma brasileira que tem relação com o tema, a ABNT NBR 12655, fixa as condições exigíveis para o preparo, controle e recebimento do concreto (BAUER, 2019), a norma foi atualizada em 2022.

O método do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – método IPT/EPUSP, também conhecido como método dos 4 quadrantes, se apresenta como um método

bastante simples, eficiente e bastante conhecido no Brasil. Baseia-se no ajuste de curvas de resistência e trabalhabilidade, em função dos requisitos estruturais e de produção da estrutura em canteiro (MARTINS, 2021).

Este trabalho tem por objetivo principal propor um método de dosagem para produção de concretos leves com EPS para aplicações não estruturais. Para este fim serão analisados, experimentalmente, os materiais e as propriedades do concreto leve com EPS nos estados fresco e endurecido.

Será realizado um ajuste experimental das propriedades de interesse para o concreto leve, visando produzir um diagrama de dosagem composto com as propriedades de massa específica x Teor de EPS x Resistência à Compressão (aos 28 dias) x Abatimento.

METODOLOGIA

O trabalho elaborado trata-se de uma análise experimental e consistiu na preparação de uma proposta de um método de dosagem para concreto leve, a partir da abordagem do método do IPT.

Neste, procurou-se adequar o procedimento para os parâmetros de interesse de produção do concreto leve, especialmente a massa específica, resistência à compressão e abatimento.

As normas utilizadas neste trabalho foram acessadas através da plataforma GEDWeb. Por serem de uso restrito para a comunidade da UFRPE, as normas referenciadas no estudo não estão com endereço eletrônico, assim como alguns livros que foram acessados através da plataforma Minha Biblioteca, também de uso exclusivo da UFRPE.

Materiais

Os materiais utilizados na confecção dos concretos estudados são citados e caracterizados a seguir.

Cimento: o cimento (aglomerante hidráulico) utilizado na confecção do concreto foi o cimento CP-V ARI MAX (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial), da marca Nacional.

A Tabela 1 apresenta algumas propriedades físico-químicas e da composição química do cimento fornecida pela concreteira que disponibilizou o material.

Tabela 1 – Ensaio Físicos e Químicos do Cimento Portland CPV - ARI MAX

CPV - ARI MAX	EXIGÊNCIAS ABNT	
ENSAIOS QUÍMICOS	RESULTADOS	
RESÍDUO INSOLÚVEL - RI (%)	1,22	NBR NM 15
PERDA AO FOGO - PF (%)	3,25	NBR NM 18
ÓXIDO DE MAGNÉSIO - MGO (%)	2,6	NBR 14656
TRIÓXIDO DE ENXOFRE - SO3 (%)	4,14	NBR 14656
ÓXIDO DE SÓDIO - NA2O (%)	0,04	NBR 14656
ÓXIDO DE POTÁSSIO - K2O (%)	1,14	NBR 14656
EQUIVALENTE ALCALINO - NA2OEq (%)	0,79	-
ENSAIOS FÍSICOS	RESULTADOS	
ÁREA ESPECÍFICA (BLAINE) (CM ² /G)	4,466	NBR 16372
MASSA ESPECÍFICA (G/CM ³)	3,06	NBR 16605
FINURA PELA PENEIRA 75 MM (%)	0,04	NBR 11579
FINURA PELA PENEIRA 45 MM (%)	0,6	NBR 9202/85
ÁGUA DE CONSISTÊNCIA DA PASTA (%)	33	NBR 16606
INÍCIO DE PEGA (MIN)	159	NBR 16607
FIM DE PEGA (MIN)	220	NBR 16607

Fonte: Supermix (2022)

Agregado miúdo: o agregado miúdo utilizado foi uma areia fina natural. A determinação da massa específica foi realizada de acordo com a NBR 9776 (ABNT, 1987), sendo obtido o valor de 2,67 g/cm³ e a massa unitária de 1,67 g/cm³. Os ensaios mais atualizados não foram

utilizados nesta pesquisa, para a caracterização do material, devido a indisponibilidade do novo equipamento.

Os concretos foram elaborados com a areia na condição seca na estufa.

O agregado foi caracterizado quanto à sua distribuição granulométrica, segundo NBR NM 248 (ABNT, 2003), constando a mesma na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição granulométrica da areia

PENEIRAS DAS SÉRIES NORMAL E INTERMEDIÁRIA*		AGREGADO MIÚDO: AREIA NATURAL FINA		
ABERTURA DAS MALHAS		Massa: 1000g		
MM	pol/Nº	MASSA A MÉDIA RETIDA A (g)	% RETIDA A	% RETIDA ACUMULADA
6,3	1/4"	0	0	0
4,75	4			
2,36	8	15,00	2	2
1,18	16	87,42	9	10
600 MM	30	242,18	24	34
300 MM	50	339,05	34	68
150 MM	100	175,85	18	86
FUNDO	-	140,25	14	100
TOTAL		999,75	100	-
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: ABNT NBR NM 248:2003		2,36 mm		
MÓDULO DE FINURA: ABNT NBR NM 248:2003		2,01		

Fonte: Autor (2022)

Água: a água para a produção dos concretos foi água potável disponível na rede de abastecimento (Compesa), a qual é considerada adequada para esse uso.

EPS: a determinação da massa específica foi realizada através de uma adaptação da NBR 9776 (ABNT, 1987), sendo obtido o valor de 14,23 kg/m³ e a massa unitária de 8,64 kg/m³ obtida através do método de volume conhecido.

O EPS utilizado (Figura 1) foi caracterizado quanto à sua distribuição granulométrica, segundo NBR NM 248 (ABNT, 2003), constando a mesma na Tabela 3.

Figura 1 – EPS



Fonte: Autor (2022)

Tabela 3 – Composição granulométrica do EPS

PENEIRAS DAS SÉRIES NORMAL E INTERMEDIÁRIA*		AGREGADO MIÚDO: EPS		
ABERTURA DAS MALHAS		Massa: 100g		
MM	pol/Nº	MASSA MÉDIA RETIDA (g)	% RETIDA	% RETIDA ACUMULADA
9,5	3/8"			
6,3	1/4"			
4,75	4	78,63	78,7	79
2,36	8	21,37	21,3	100
1,18	16	0	0	100
600 MM	30	0	0	100
300 MM	50	0	0	100
150 MM	100	0	0	100
FUNDO	-	0	0	100
TOTAL		70,66	100	-
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: ABNT NBR NM 248:2003		4,75 mm		
MÓDULO DE FINURA: ABNT NBR NM 248:2003		5,79		

Fonte: Autor (2022)

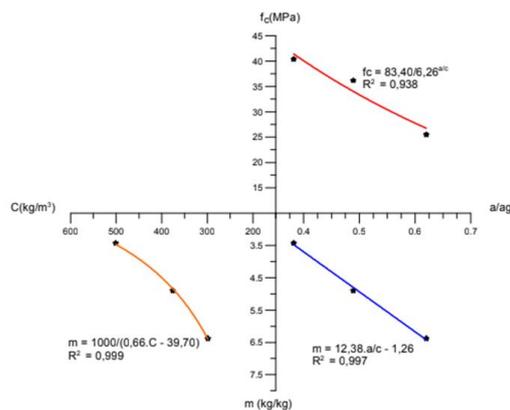
Após a determinação granulométrica, de acordo com o diâmetro das pérolas, é possível classificar o EPS como um agregado graúdo segundo NBR 7211 (2009).

Caracterização do método e produção do concreto

Método de dosagem IPT/EPUSP

No método de dosagem IPT/EPUSP (HELENE E TERZIAN, 1992) é produzido um traço piloto, com uma relação em massa seca de agregados (m) igual a 5, em laboratório, e determina-se experimentalmente o teor de argamassa ideal (α) para obter-se um concreto trabalhável. Conhecido o α , produz-se dois novos traços, um mais rico (geralmente $m=3,5$) e um mais pobre ($m=6,5$). A partir dos resultados de resistência, são traçadas as curvas de Abrams e, em função da a/c a curva de Lyse; por interpolação, determina-se o proporcionamento ideal do concreto (MARTINS et al., 2001), tal como o desenvolvido por Bolina et al. (2012) na Figura 2:

Figura 2 – Diagrama de dosagem IPT/EPUSP



Fonte: Bolina et al. (2012)

Método de dosagem proposto neste trabalho:

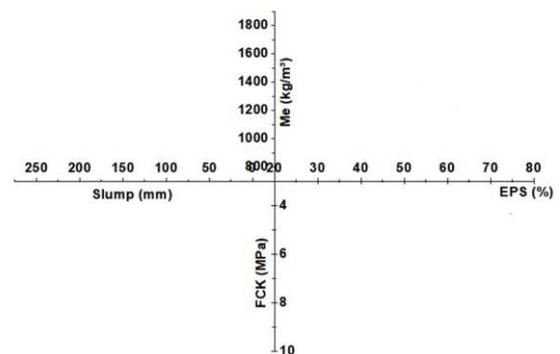
No método proposto foram produzidos traços a partir de um volume de agregados (m), onde varia-se o teor de argamassa de modo a obter-se concretos

com menor massa específica. A variação desse teor de argamassa no concreto dar-se-á a partir da mudança de teores do EPS sobre o “ m ”.

A partir dos resultados de massa específica do concreto, resistência e abatimento, foram traçadas curvas de massa específica em função do teor de EPS; curva resistência à compressão em função do teor de EPS; e uma curva de resistência à compressão x pelo abatimento, obtidas por interpolação dos pontos obtidos em cada quadrante.

Através do gráfico de dosagem proposto, é possível determinar a proporção ideal do EPS, partindo de uma dada massa específica desejada (Me), com uma projeção que estima a resistência à compressão (Fck) e abatimento do concreto (slump). A Figura 3 indica um diagrama de dosagem, de acordo com o método proposto.

Figura 3 – Diagrama de dosagem proposto



Fonte: Autor (2022)

Determinação do “ m ” e teor de EPS.

Após determinações das massas específicas dos agregados (areia e EPS), foi possível calcular o volume de agregados em função de 1 kg cimento e a porcentagem de EPS usados nos traços, expostos pela ABRAPEX (2006), que expõem traços a partir das suas respectivas massas

específicas, obtendo-se os dados expostos na Tabela 4.

Tabela 4: Traços unitários com EPS - Cimento em massa (kg) e agregados em volume real (L)

ME (Kg/m ³)	Cimento (Kg)	Areia (L)	EPS (L)	Teor de agregado (L)	Porcentagem de EPS (%)
1000	1,00	0,41	1,33	1,74	82
1100	1,00	0,50	1,23	1,74	77
1200	1,00	0,63	1,16	1,79	72
1300	1,00	0,72	1,06	1,79	67
1400	1,00	0,84	0,97	1,81	62
1500	1,00	0,95	0,89	1,84	56
1600	1,00	1,07	0,79	1,86	50

Fonte: ABRAPEX (2006), adaptado por autor (2022).

Depois da análise dos traços expostos pela ABRAPEX (2006), adaptado pelo autor (2022), foi possível observar uma tendência pelo uso de 2L de agregado para a produção de concretos leves. Assim, tendo-se como referência o método de dosagem do IPT – EPUSP, escolheu-se dois teores de agregados (m), fazendo um traço com o teor de agregado de 2L por kg de cimento intitulado - traço pobre (TP) - e um traço rico de 1L de agregado por kg de cimento intitulado – traço rico (TR) – ou seja, traços 1:2 e 1:1 (traços dos agregados em volume real (L), por kg de cimento), respectivamente.

Em seguida, cada traço (1:m) foi dosado com três teores diferentes de EPS, sendo eles: 25, 50 e 75%, em relação a cada “m”, reduzindo o teor de argamassa, com o objetivo de alcançar concretos mais leves. Tanto o valor de “m” quanto o teor de EPS foram determinados a partir dos traços expostos pela ABRAPEX (2006).

Um traço intermediário de 1:1,5 poderia ter sido analisado, assim como um traço de 1:3, mas não foi exequível, devido a quantidade de material disponível.

Definição dos traços:

Com a caracterização dos volumes de agregados e teores de EPS, foram definidos os traços para elaboração dos concretos.

Na Tabela 5, encontram-se os traços unitários considerados ricos (1:1), com os 3 teores de EPS, 25, 50 e 75%.

Tabela 5 - Traços Ricos, agregados em volume (L), por kg de cimento.

Traço	EPS (%)	Cimento (Kg)	Areia (L)	EPS (L)	a/c
TR25	25	1,00	0,75	0,25	0,50
TR50	50	1,00	0,50	0,50	0,50
TR75	75	1,00	0,25	0,75	0,50

Fonte: Autor (2022)

Após determinações das massas específicas dos agregados (areia e EPS), foi possível calcular a massa de agregados em função de 1 kg de cimento, para melhor manipulação e pesagem à serem misturados na betoneira, obtendo a Tabela 6. A relação água/cimento (a/c) foi determinada experimentalmente de modo a não alterá-la, independente do teor de EPS, com o objetivo de avaliar no concreto à resistência sem a mudança da relação a/c.

Tabela 6 - Traços Ricos em massa (Kg).

Traço	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	EPS (Kg)	Água (L)
TR25	1,00	2,00	0,00356	0,5
TR50	1,00	1,33	0,00712	0,5
TR75	1,00	0,67	0,01067	0,5

Fonte: Autor (2022)

O mesmo foi feito para os traços pobres (1:2), conforme as Tabela 7 (valores dados em L) e 8 (valores dados em Kg).

Tabela 7 - Traços Pobres, agregados em volume (L), por kg de cimento.

Traço	EPS (%)	Cimento (Kg)	Areia (L)	EPS (L)	a/c (L)
TR25	25	1,00	1,50	0,50	0,86
TR50	50	1,00	1,00	1,00	0,70
TR75	75	1,00	0,50	1,50	0,60

Fonte: Autor (2022)

Tabela 8 - Traços Pobres em massa (Kg).

Traço	Cimento (Kg)	Areia (Kg)	EPS (Kg)	Água (L)
TP25	1,00	4,00	0,00712	0,86
TP50	1,00	2,66	0,01423	0,70
TP75	1,00	1,33	0,02135	0,60

Fonte: Autor (2022)

Para os traços pobres foi verificado que eles não alcançaram trabalhabilidade suficiente para prosseguir com os estudos usando o mesmo a/c para todos, assim foi preferível fazer uma adequação da relação a/c, entre os traços pobres, de modo a se chegar ao slump desejado. Foi introduzida mais água à medida que o concreto tinha menor teor de EPS. Deste modo, foi escolhido um slump de 170 ± 20 mm para os concretos Pobres, abatimento esse utilizado para concreto bombeado, segundo ABNT NBR 8953 (2015).

Mistura:

Para a execução das misturas, no início foi feita uma argamassa na proporção do traço, para “imprimir” a betoneira.

Em seguida foram colocados os EPS, misturados com 50% da água do traço

e o cimento; seguido da inserção da areia e o restante da água. Essa ordem foi seguida para que primeiro houvesse água suficiente para formação da pasta do cimento e para que a mesma propiciasse o envolvimento do EPS e só depois foi introduzida a areia para que ela não absorvesse parte da água necessária à formação da pasta. Esta sequência foi a que propiciou uma maior homogeneidade da mistura, entre as outras realizadas neste estudo.

O concreto foi misturado durante 3 minutos, com volume de 20 litros de concreto por traço produzido. O tempo total da mistura foi de 5 minutos. Cada traço foi rodado de uma só vez, em uma betoneira de 150 litros, garantindo a mesma mistura para cada traço desenvolvido.

Moldagem:

A moldagem dos corpos de prova ocorreu de acordo com o procedimento designado pela NBR 5738: 2015 (ABNT, 2015), por adensamento manual.

As quantidades dos materiais para cada traço foram determinadas para 20 (L) de concreto, sendo suficientes para preencher 10 corpos de prova cilíndricos de 10 cm x 20 cm, totalizando 60 corpos de prova (CPs).

As moldagens e os traços adotados neste trabalho foram desenvolvidos e realizados no Laboratório de Geotecnia e Tecnologia do Concreto, da empresa JOVEN Engenharia.

Cura:

Após 24 horas da moldagem dos corpos de prova de concreto, foram feitas as desformas. A partir de então, os CPs foram submetidos a cura em tanque saturado com hidróxido de cálcio até a data de ensaios. A

cura dos CP's foram feitas de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015).

MÉTODOS

Ensaio no estado fresco

Abatimento do tronco de cone

Após o preparo dos traços de concreto, foi realizado o ensaio de abatimento do tronco cone (slump test), que procedeu-se seguindo a NBR 16889 (ABNT, 2020), assim expondo índices de trabalhabilidade do concreto.

Massa aparente no estado fresco

Após a moldagem foi realizado o ensaio de massa específica através de método do volume conhecido. Primeiro pesou-se a massa de cada forma metálica, seguindo-se das pesagens dos corpos de prova após preenchimento pelo concreto. Sabendo-se dos volumes de cada forma, obteve-se a massa específica pelo quociente da massa do concreto pelo volume do recipiente.

Ensaio no estado endurecido

Resistência à compressão

Foram preparados 6 CP's/situação para a realização dos ensaios de resistência à compressão axial simples (NBR 5739, 2018), todos foram rompidos na idade de 28 dias.

Os corpos de provas foram ensaiados em uma prensa hidráulica, modelo PC 100 C EMIC, com capacidade de carga de 20 toneladas.

Massa aparente no estado endurecido

O ensaio de massa específica do concreto no estado rígido foi determinado com amostra de 4 CP's/situação, de acordo com a norma NBR 9778 (ABNT, 2005), obtida através da Equação 1 (Eq. 01).

$$PS = \frac{ms}{msat - mi} \quad (\text{Equação 1})$$

Fonte: ABNT (2005).

Onde:

msat: É a massa da amostra saturada em água após imersão e fervura;

ms: É a massa da amostra seca em estufa;

mi: É a massa da amostra saturada imersa em água após fervura.

Interpolação e análise dos dados

Os resultados dos ensaios de massa específica, resistência à compressão e do abatimento, dos diferentes traços rodados em função dos diferentes volumes de agregados por kg de cimento (1:1 - Traço Rico e 1:2 - Traço Pobre) e os diferentes teores de EPS (25, 50 e 75%), foram analisados a fim de se obter um gráfico de dosagem.

A partir daí foram traçadas as curvas de massa específica em função do teor de EPS – 1º quadrante do ábaco de dosagem - e a curva do teor de EPS em relação à resistência à compressão – 2º quadrante - e resistência à compressão por abatimento – 3º quadrante. Os ábacos foram elaborados no software Origin.

Após a confecção do gráfico é possível introduzir uma linha de tendência para tornar algébrica a interpolação entre os resultados. Para fazer estas interações entre

os resultados e tornar algébrica a interpolação dos dados foi utilizado o programa Excel. Após o tratamento dos dados é possível determinar o quantitativo de cada material para um concreto uma massa específica estipulada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone

A consistência do concreto foi determinada conforme a NBR 16889 (ABNT, 2020), sendo os resultados apresentados na Tabela 9 (Traços Ricos - TR) e Tabela 10 (Traços Pobres - TP). Estes valores correspondem à consistência conferida para cada mistura de concreto produzido.

Tabela 9 - Resultados de consistência pelo abatimento do tronco de cone - Traços Ricos.

Traços	Teor de PU (%)	Abatimento (mm)
TR25	25	135
TR50	50	230
TR75	75	240

Fonte: Autor (2022)

Tabela 10 - Resultados de consistência pelo abatimento do tronco de cone - Traços Pobres.

Traços	Teor de PU (%)	Abatimento (mm)
TP25	25	160
TP50	50	180
TP75	75	180

Fonte: Autor (2022)

No traço Rico observou-se que à medida que se tem maior teor de EPS no concreto, tem-se um aumento no valor do abatimento, pois o poliestireno expandido é um material não higroscópico, ou seja, ele não absorve água.

No traço pobre, como houve a alteração do a/c, o abatimento ficou dentro um dos limites definidos que são entre 150mm e 190mm.

Determinação da massa específica do concreto fresco

A massa específica do concreto leve no estado fresco foi determinada após a mistura, sendo os resultados apresentados nas Tabela 11 (Traços Ricos) e Tabela 12 (Traços Pobres).

Tabela 11 - Resultados do ensaio de massa específica do concreto no estado fresco. - Traços Ricos

Traços	Massa específica (kg/m ³)
TR25	2013
TR50	1782
TR75	1281

Fonte: Autor (2022)

Tabela 12 - Resultados do ensaio de massa específica do concreto no estado fresco. - Traços Pobres.

Traços	Massa específica (kg/m ³)
TP25	1806
TP50	1453
TP75	1034

Fonte: Autor (2022)

Observa-se para ambos os casos que, conforme foi aumentado o teor de EPS à mistura, menores foram as massas específicas obtidas.

Determinação da massa específica do concreto no estado endurecido

As massas específicas do concreto endurecido são destacadas na Tabela 13 (Traços Ricos - TR) e Tabela 14 (Traços Pobres - TP).

Tabela 13 - Resultados de Massa Específica aos 21 dias – Traço rico (TR).

Traços	Massa específica (kg/m ³)
TR25	2069
TR50	1720
TR75	1277

Fonte: Autor (2022)

Tabela 14 - Resultados de Massa Específica aos 21 dias de idade. Traço Pobre (TP).

Traços	Massa específica (kg/m ³)
TP25	1853
TP50	1476
TP75	973

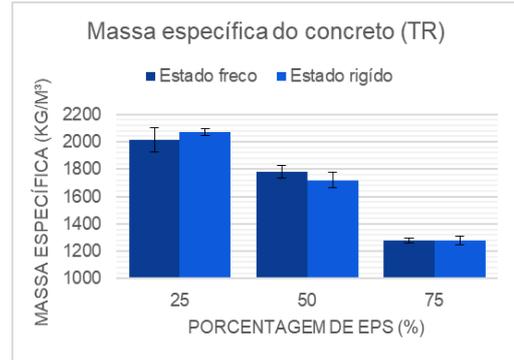
Fonte: Autor (2022)

Por estes resultados observa-se que os valores da massa específica no estado endurecido também são reduzidos à medida em que há um maior teor de EPS na mistura, mantendo a mesma tendência das massas medidas no estado fresco.

As diferenças das massas específicas dos concretos do traço rico e do traço pobre são significativas, isso acontece devido a maior quantidade de agregado e menor quantidade de cimento neste traço.

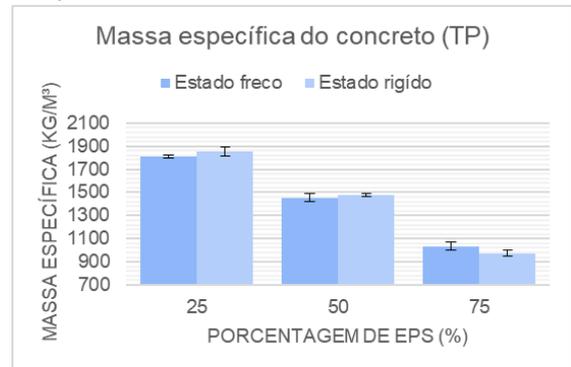
Os gráficos 1 e 2, a seguir, mostram estas tendências, para ambos os traços.

Gráfico 1 – Comparação das massas específicas nos estados frescos e rígidos em Kg/m³ dos Traços Ricos - TR.



Fonte: Autor (2022)

Gráfico 2 – Comparação das massas específicas nos estados frescos e rígidos em Kg/m³ dos Traços Pobres - TP.



Fonte: Autor (2022)

Dos concretos produzidos, apenas o traço rico (TR) com 25% do EPS – TR 25, não está dentro do padrão estabelecido, para ser considerado um concreto leve. Ou seja, não possuem valores inferiores à 2000 kg/m³ da massa específica, segundo NBR 8953 (ABNT, 2015). Entretanto, este ainda segue como resultado fundamental para a elaboração dos gráficos e ábaco de dosagem proposto.

Determinação de Resistência à Compressão

A resistência à compressão foi determinada conforme a norma NBR 5738 (ABNT, 2015).

As Tabelas 15 e 16 apresentam os resultados da resistência à compressão, realizada aos 28 dias, para os traços Pobres

e Ricos, em relação aos teores de EPS adicionados.

Tabela 15 - Resultados de resistência à compressão para os Traços Ricos.

Traços	Resistência à Compressão (MPa)
TR25	22,62
TR50	15,12
TR75	7,47

Fonte: Autor (2022)

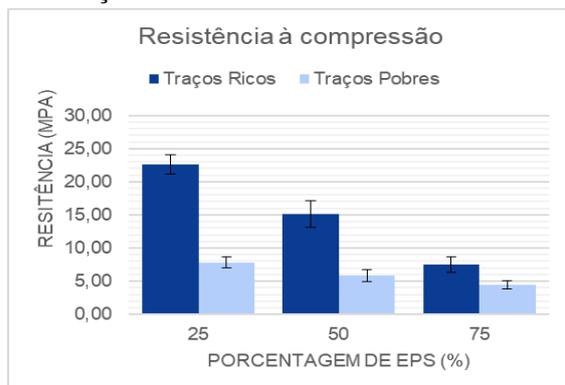
Tabela 16 - Resultados de resistência à compressão para os Traços Pobres.

Traços	Resistência à Compressão (MPa)
TP25	7,84
TP50	5,80
TP75	4,53

Fonte: Autor (2022)

Com os dados da Tabela 15 e 16 foi possível elaborar o gráfico de Resistência à Compressão Axial x Porcentagem de EPS (Gráfico 4).

Gráfico 4 – Comparação das massas específicas dos Traços Ricos e Pobres em MPa.



Fonte: Autor (2022)

Analisando o Gráfico 4, onde se tem o resultado dos ensaios de resistência à compressão axial para os traços Pobre e Rico e suas porcentagens de EPS, pode-se

concluir que quanto maior quantidade de EPS no traço, menor será a resistência à compressão, e, quanto maior o “m” nos traços, também menor será a resistência à compressão axial.

Os traços Ricos em comparação com os traços Pobres, apresentaram resultados de resistência à compressão maiores em: 65,3%, 61,7% e 40,6%, para os traços com porcentagens de EPS de 25%, 50% e 75%, respectivamente.

Sobre o que se diz respeito à resistência, os concretos abaixo de 2000Kg/m³ não podem ser utilizados com fins estruturais, de acordo com a norma NBR 6118 (ABNT, 2014), pois não obtiveram resistência à compressão maior que 20 Mpa.

Elaboração do diagrama de dosagem

Para posterior análise de interações dos resultados obtidos nos ensaios, as Tabelas 17 e 18 descrevem os resultados das variáveis dependentes dos traços obtidos:

- Massa específica do concreto (Me - Kg/m³);
- Teor de EPS em relação à quantidade de agregados (EPS %);
- Resistência média à compressão axial (fck - MPa);
- Abatimento (Slump - mm).

A Proporção de agregados (m - L) é um parâmetro fixo.

Tabela 17 - Resultados das variáveis dependentes dos traços Ricos (TR).

EPS (%)	Me (Kg/m ³)	fck (MPa)	Slump (mm)
25	2069	22,62	135
50	1720	15,12	230
75	1277	7,47	240

Fonte: Autor (2022)

Tabela 18 - Resultados das variáveis dependentes dos Traços Pobres (TR).

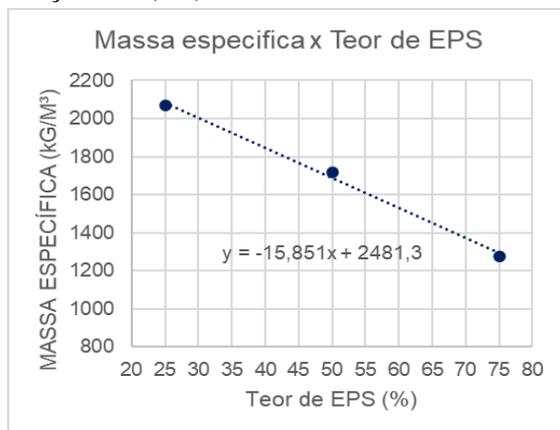
EPS (%)	Me (Kg/m ³)	fck (MPa)	Slump (mm)
25	1853	7,84	160
50	1476	5,80	180
75	973	4,43	180

Fonte: Autor (2022)

Massa específica x Teor de EPS

A seguir estão apresentados, nos gráficos 5 e 6, os valores que correlacionam a Massa específica do concreto (Kg/m³) ao Teor de EPS em relação à quantidade de agregados (%), para os Traços Ricos (TR) e Traços Pobres (TP), respectivamente.

Gráfico 5 – Massa específica do concreto x Teor de EPS em relação à quantidade de agregados - Traço Rico (TR).



Fonte: Autor (2022)

Após a confecção do gráfico foi possível introduzir uma linha de tendência para tornar algébrica a interpolação entre os resultados, o tipo de equação que melhor se adequou à tendência foi do tipo linear, de modo que os eixos da abscissa (X) e ordenadas (Y) pela Massa Específica do concreto, assim para o traço de concreto Rico (TR), é possível chegar ao teor de EPS

para uma determinada massa específica desejada (Equação 2):

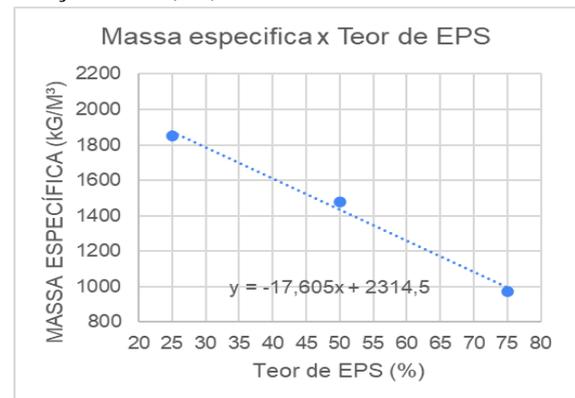
$$Y = -15,85 X + 2481,3 \text{ (Equação 2)}$$

Um exemplo para se chegar aos resultados desejados, seria fazer a seguinte pergunta: qual seria o teor de EPS necessário para fazer um concreto de Traço Rico (1:1 - Cimento em massa (kg) e Agregado em Volume (L)), para uma massa específica de 1600 Kg/m³?

Utilizando-se a Equação 2, teríamos: $1600 = -15,85 X + 2481,3$. Logo, $X = 56$. Então, seriam necessários 56% de EPS, em relação ao volume total dos agregados, para se ter um concreto com massa específica de 1600 Kg/m³.

A mesma análise foi feita para o traço Pobre (1:2), podendo ser visto no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Massa específica do concreto x Teor de EPS em relação à quantidade de agregados - Traço Pobre (TP).



Fonte: Autor (2022)

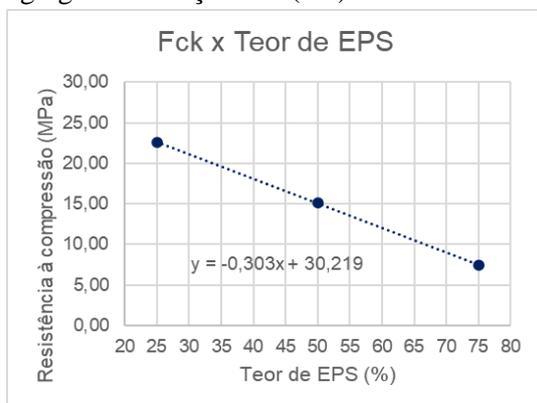
A Equação 3 é a equação que torna algébrica a interpolação entre a relação Massa específica e Teor de EPS para o traço pobre.

$$Y = -17,605 X + 2314,5 \text{ (Equação 3)}$$

Resistência x Teor de EPS

A seguir estão apresentados, nos gráficos 7 e 8, os valores que correlacionam as Resistência à compressão do concreto (MPa) e o Teor de EPS, em relação à quantidade de agregados (%) dos Traços Ricos (TR) e Traços Pobres (TP), respectivamente.

Gráfico 7 – Resistência do concreto (MPa) x Teor de EPS (%) em relação à quantidade de agregados - Traço Rico (TR).



Fonte: Autor (2022)

Após a confecção do gráfico acima foi possível introduzir uma linha de tendência para tornar algébrica a interpolação entre os resultados. O tipo de equação que melhor se adequou à tendência foi do tipo linear, de modo que os eixos das abscissas (X) são representadas pelo teor de EPS e a coordenadas (Y) pela Resistência à compressão do concreto do concreto. Para o traço de concreto Rico (TR), é possível estimar a resistência do concreto produzido com um determinado teor de EPS a partir da Equação 4:

$$Y = -0,303 X + 30,22 \text{ (Equação 4)}$$

Para este caso, um exemplo prático para se chegar aos resultados desejados, seria fazer a seguinte pergunta: qual seria a projeção de Resistência de um concreto

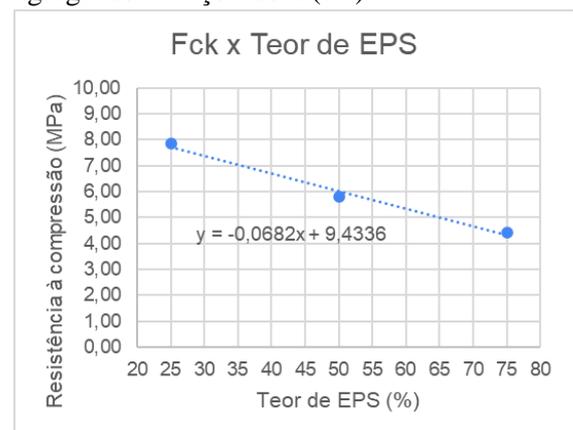
Rico (1:1 - Cimento em massa (kg) e Agregado em Volume (L)), com 56% de EPS, em relação ao teor dos agregados?

Utilizando-se a Equação 4, teríamos que: $Y = -0,303 * 56 + 30,22$. $Y = 13,25$.

Logo, a estimativa é que o concreto nas condições supracitadas produzido com um teor de EPS de 56%, em relação ao teor dos agregados, tenderia a chegar a uma resistência característica à compressão, aos 28 dias, de 13,25 MPa.

A mesma análise foi realizada para o traço Pobre (1:2), podendo ser visto no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Resistência do concreto (MPa) x Teor de EPS (%) em relação à quantidade de agregados - Traço Pobre (TP).



Fonte: Autor (2022)

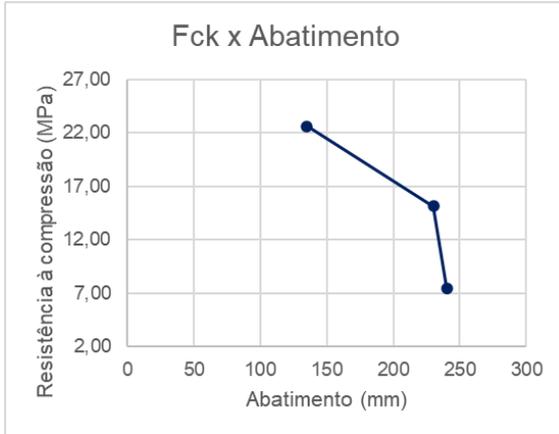
A Equação 5 é a equação que facilita a interpolação entre a relação Teor de EPS e Resistência do Traço Pobre.

$$Y = -0,0682X + 9,434 \text{ (Equação 5)}$$

Resistência x Abatimento

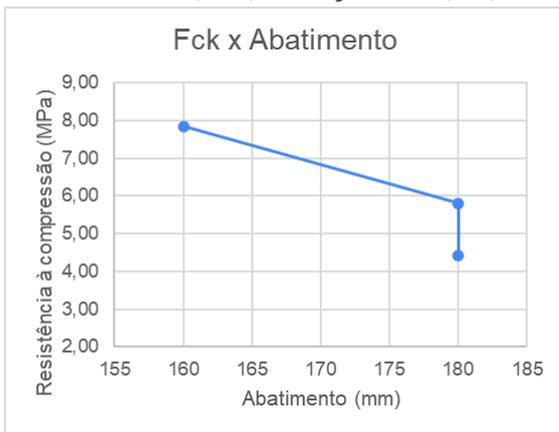
E por fim, são apresentados, nos gráficos 9 e 10, os valores que correlacionam as Resistências de compressão do concreto (MPa) e Abatimento (mm), dos Traços Ricos (TR) e Traços Pobres (TP), respectivamente.

Gráfico 9 – Resistência do concreto (MPa) x Abatimento (mm) - Traço Rico (TR).



Fonte: Autor (2022)

Gráfico 10 – Resistência do concreto (MPa) x Abatimento (mm) - Traço Rico (TR).

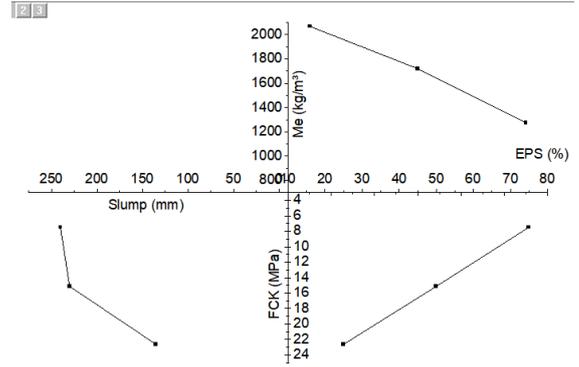


Fonte: Autor (2022)

Para esse tipo de gráfico não foi possível introduzir uma linha de tendência tanto para o traço pobre quanto para o traço rico, por não apresentarem uma sequência que pudesse ser representada algebricamente.

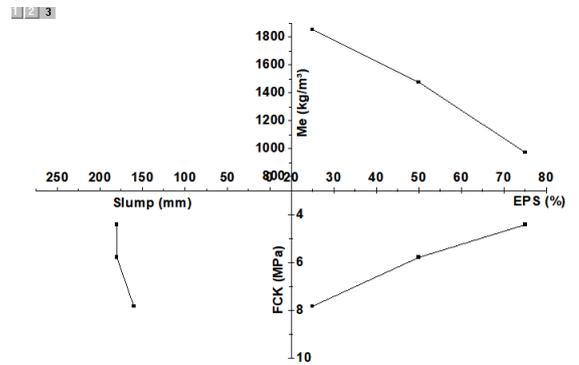
Logo, a partir dos gráficos anteriores é possível apresentar os ábacos de dosagem, um dos objetivos desse trabalho. As Figuras 4 e 5 apresentam estes ábacos para cada traço.

Figura 4 – Gráfico de dosagem de concreto do Traço Rico.



Fonte: Autor (2022)

Figura 5 – Gráfico de dosagem de concreto Pobres.



Fonte: Autor (2022)

Com o ábaco plotado é possível confeccionar um traço, a partir de uma dada massa específica estipulada.

Seguindo os exemplos anteriores, para um concreto de massa específica de 1600kg/m³, feito a partir do Traço Rico (TR) as etapas de cálculo para chegar ao traço e suas respectivas estimativas de resistência à compressão e abatimento, seriam:

- Passo 1: Cálculo do teor de EPS em relação aos agregados: Para o traço Rico (1:1), de acordo com a Equação 2, seriam necessários 56% de EPS, em relação ao volume de seus agregados. O traço em volume ficaria (Tabela 19):

Tabela 19 - Traço em volume de agregados por Kg de cimento, para concreto com 1600 Kg/m³.

Cimento (Kg)	Areia (L)	EPS (L)	a/c (L)
1	0,34	0,56	0,5

Fonte: Autor (2022)

Não foi necessária uma interpolação no caso da relação a/c porque todos os concretos caracterizados com Traço Rico têm o mesmo a/c de 0,5.

- Passo 2: Traço em Massa - Para obter o Traço em Massa é necessário multiplicar a areia e o EPS pelas suas respectivas massas específicas reais, que são 2,664 kg/dm³ e 0,01423 kg/dm³, respectivamente. Assim, resultando no traço visto na Tabela 20.

Tabela 20 - Traço em massa para concreto com 1600 Kg/m³.

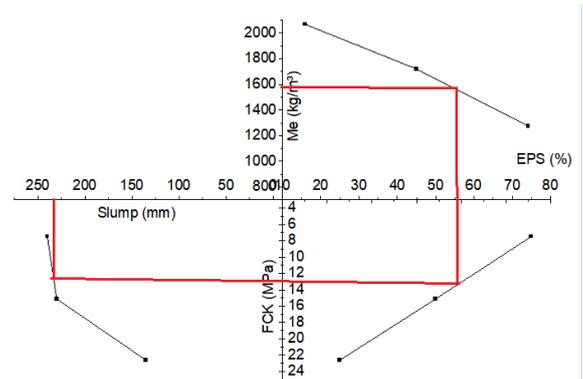
Cimento (Kg)	Areia (Kg)	EPS (Kg)	a/c (L)
1	0,906	0,00798	0,5

Fonte: Autor (2022)

- Passo 3: Estimativa de Resistência - O cálculo de estimativa da resistência é feito de acordo com a Equação 4. A estimativa é que o concreto, nas condições supracitadas, com 56% de EPS entre os agregados, tende a chegar a uma resistência de 13,25 MPa.
- Passo 4: Estimativa de Slump: Como não foi possível criar uma equação para tornar algébrica a interpolação, deve-se, a partir do 2° quadrante ser traçada uma reta, paralela ao eixo das abcissas, no ponto a partir do qual houve o encontro entre os 1° e 2° quadrantes e esta reta deverá tocar o gráfico construído no 3° quadrante. Nesse último ponto, traça-se outra reta, agora perpendicular a reta

anterior, chegando-se ao slump. Neste caso, o slump encontrado foi de 230 mm (Figura 6).

Figura 6 – Gráfico de dosagem de concreto de Traço Rico com 1600 Kg/m³.



Fonte: Autor (2022)

Deste modo ao trabalhar com um volume fixo de argamassa “m” é possível determinar o traço a partir da variação do teor de agregado leve deste volume.

Assim possibilitando a determinação de um traço para uma determinada massa específica almejada, com a respectiva projeção da resistência a compressão desse concreto assim como o abatimento dele.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A confecção de traços de concreto pode ser considerada como uma verdadeira ciência e sua principal função é obter a melhor relação entre os materiais utilizados para sua produção, tais como: cimento, agregados e água, todos em conformidade com algumas especificações de projeto pré-determinadas.

Assim, metodologias de dosagem entram para embasar e orientar ao executor acerca de um passo a passo, dando um indicativo dos quantitativos de materiais para a produção do mesmo. Quando se trata

da produção de concretos leves, essas dosagens possuem aspectos diferentes em relação ao concreto tradicional, tendo por propriedade importante a sua massa específica.

As seguintes conclusões podem ser descritas para o presente estudo sobre o ábaco de dosagem produzido:

- 1º Quadrante - Após a confecção do gráfico - massa específica em função do teor de EPS, foi possível introduzir uma linha de tendência para tornar algébrica a interpolação entre os resultados, o tipo de equação que melhor se adequou à tendência foi do tipo linear, tanto para o Traço Rico (TR) quanto para o Traço Pobre (TP), com isso é possível chegar ao teor de EPS em relação ao volume de agregados do concreto e chegar a uma determinada massa específica;
- 2º Quadrante - Após a confecção do gráfico - teor de EPS em função do teor da resistência à compressão, foi possível introduzir uma linha de tendência para tornar algébrica a interpolação entre os resultados, o tipo de equação que melhor se adequou à tendência foi do tipo linear, tanto para o Traço Rico (TR) quanto para o Traço Pobre (TP), com isso é possível chegar à projeção da resistência do concreto em função do teor de EPS utilizado;
- 3º Quadrante - Após a confecção do gráfico - resistência à compressão em função do abatimento, não foi possível introduzir uma linha de tendência, por não obedecer regra similar à equações algébricas, assim a interpolação é feita a partir unicamente do ábaco.

Com base nos ensaios desenvolvidos em laboratório e em seus resultados, conclui-se que este trabalho atingiu aos objetivos propostos quanto a indicação de um método de dosagem a

produção de concretos leves com EPS, a partir da adaptação do método proposto pelo IPT/EPUSP, através da escolha de volume fixo de agregado (m) e a variação de teores de EPS sobre “m”, possibilitando através da construção de um ábaco com 3 quadrantes, indicar interações dos resultados de massa específica, resistência à compressão e slump e entregar um proporcionamento dos materiais para um concreto com EPS para fins não estruturais, para aplicações, como: produção de blocos de concretos leves, materiais de enchimento de vedações, etc, situações estas que exijam um baixo peso, resistência mecânica compatível com o projeto e também isolamento térmico e acústico.

Assim segue como como sugestão para trabalhos futuros: o melhoramento do 3º quadrante ou até substituído por outro fator de dosagem a ser levado em consideração como o teor de a/c .

REFERÊNCIAS

ABRAPEX – Associação Brasileira de Poliestireno Expandido: **Manual de utilização EPS na construção civil**. São Paulo: PINI, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**:

Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto-Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

BAUER, F. L. A. **Materiais de Construção**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

BOLINA, C. de C. et al. Estudo de dosagem de concretos pelo método ipt/epusp. **Revista Científica Linkania Master**, v. 2, n. 2, 2012. Disponível em: <https://linkania.org/master/article/view/40>. Acesso em: 05 de mai. de 2022.

CATOIA, T. **Concreto Ultraleve® estrutural com pérolas de EPS:**

caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-19122012-104222/en.php>. Acesso em: 30 de jan. de 2021.

GONÇALVES, A; TOMIM, K. da C. **Desempenho do concreto leve com adição de EPS**. 2018. Trabalho de Final de Curso (Engenharia Civil). Universidade Paranaense, Toledo, Paraná. 2018. Disponível em: https://tcc.unipar.br/files/tccs/b125923085_8056f1303292f4782fe120.pdf. Acesso em: 04 de fev. de 2022.

HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem do concreto**. São Paulo: PINI, 1992.

MARTINS H. F.; GOMES V.; WEBER S. L.; PRUDÊNCIO L.R. Jr.: Dosagem de concreto de cimento portland ARI RS com e sem aditivo plastificante redutor de água tipo P (ABNT): Avaliação das propriedades e custos preliminares de aquisição. In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 45., 2021, Florianópolis. **Anais** [...] Florianópolis, Santa Catarina, 2021. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2001/artigos/20-002.doc>. Acesso em: 11 de fev. de 2022.

MONCADA, J. E. C. M; FLOR, L. D. S.; SILVA, V. A.; PACHECO, J. S. Estudo da adição de argila expandida e EPS como agregados na elaboração de concreto leve. **Revista Teccen**. 2019 Jan/Jun; 12 (1): 02-07. Disponível em: <http://192.100.251.116/index.php/TECCE>

[N/article/view/1849](#). Acesso em: 04 de fev. de 2022.

NEGRÃO, J. et al. Incorporação do Poliestireno Expandido (EPS) em Argamassas Cimentícias. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 9, 2019, Ponta Grossa, **Anais** [...] Ponta Grossa, Paraná, 2019. Disponível em: http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/10282019_121020_5db70914597_5e.pdf. Acesso em: 30 de jan. de 2022.

OZÓRIO, B. P. M. **Concreto leve com pérolas de EPS: estudo de dosagens e de características mecânicas**. 2016. 154 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil (Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-07032017-102857/en.php>. Acesso em: 30 de jan. de 2022.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestruturas e aplicações**. São Paulo: PINI, 2009.

SANTOS, C. DE O.; VIEIRA S. P.; OLIVEIRA D. R. Dosagem de concretos leves de alto desempenho com poliestireno expandido e escória de alto forno. **Revista Perquirere** 15(4 número especial): 161-180, set./dez. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329896328_Dosagem_de_concretos_leves_de_alto_desempenho_com_poliestireno_expandido_e_escoria_leve_de_alto_forno. Acesso em 30 jan. 2022.

SUPERMIX. Fornecedores de concreto. **Certificado de ensaio de cimento**

Nacional – Ensaio laboratorial. Jaboaão dos Guararapes, 2022.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que colocam a educação dos filhos como prioridade.

Aos meus amigos do UA que me entendem, acompanharam e auxiliaram nesta etapa.

À orientadora Prof^ª Simone Perruci Galvão pelos conselhos dados e por ter me guiado no estudo.

A Empresa JOVEN Engenharia que me cedeu o espaço e equipamentos para execução dos ensaios.

À empresa Supermix pela doação dos materiais.