

VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO DE ACORDO COM O TIPO DE ROCHA UTILIZADA COMO AGREGADO GRAÚDO

VARIATION OF THE STRENGTH OF CONCRETE ACCORDING TO THE TYPE OF ROCK USED AS COARSE AGGREGATE

Diogo Plachi Lopes¹
Gustavo Soares Santos²
Luiz Henrique de Brito Marcomini³
Ruan Aparecido de Melo⁴
Vinicius Augusto Pedroso⁵

RESUMO: Para o concreto ser um material que apresente bom desempenho diante do processo construtivo e durante os esforços nos quais estarão submetidos durante o tempo de vida útil de uma construção, os materiais que os constitui deve ter qualidade assegurada mediante critérios normativos sobre materiais. Este artigo descreveu sobre o material concreto e sobre os seus constituintes. Além disso, obteve um traço racional de concreto com dois tipos diferentes de agregados graúdos utilizados na cidade de Passos. Durante o desenvolvimento dos trabalhos foi possível fazer uma dosagem de concreto com os traços obtidos e comparados com dois traços cujos comportamentos eram conhecidos. Ao final, pode se observar o melhor desempenho do concreto no estado fresco e endurecido quando se utilizou o diabásio.

Palavras-chave: Concreto. Agregado graúdo. Dosagem do concreto.

ABSTRACT: For the concrete to be a material with superior performance on the construction process and for the efforts in which will be submitted during the lifetime of a building, the material that is to be quality assured by normative criteria on materials. This work described on the concrete material, and its constituents. In addition, trace obtained a rational concrete with two different types of coarse aggregate used in the city steps. During the development work it was possible to make a concrete dosing with traces obtained and compared with two traits whose behaviors were known. At the end, you can see the best concrete performance in fresh and hardened state when using the Diabase.

Keywords: Concrete. Coarse Aggregate. Concrete do sing.

1 INTRODUÇÃO

No início dos tempos as rochas já eram utilizadas para fabricação de estradas e casas. As primeiras construções de pedra foram ao final do neolítico e início da idade do bronze. Desde então os métodos construtivos vêm se desenvolvendo gradativamente (VERÇOSA, 2012).

Com a evolução tecnológica, houve inúmeras melhorias e várias delas estão relacionadas a construção civil, que ao longo dos anos se desenvolve cada dia mais. Um exemplo a ser citado

¹ Engenheiro Civil. Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais- UNIFAL/MG.

² Engenheiro Civil. Mestrando em Ciência e Engenharia dos Materiais – UNIFAL/MG.

³ Engenheiro Civil -Libertas Faculdade Integradas.

⁴ Engenheiro Civil. Mestre em Estruturas e Construção Civil – UFSCAR/SP.

⁵ Engenheiro Civil. Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho. Mestrando em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente-UEMG.

é a junção de dois materiais distintos que foram sendo aperfeiçoados ao decorrer do tempo e utilizados para melhor praticidade, segurança, agilidade e durabilidade das construções civis. Surge então a união do aço com o concreto, enriquecendo as propriedades do composto e aumentando a capacidade de absorção da estrutura a esforços de tração. Dá-se início a utilização do concreto armado.

Atualmente o concreto armado é um dos materiais mais utilizados na construção civil. A sua versatilidade e alta resistência ao desgaste causado pelos fenômenos naturais, chuva, sol e vento contribuem para tão boa aceitação. A junção de dois materiais com propriedades distintas, como o aço e o concreto, foi uma grande evolução para a construção civil. Porém, para que o mesmo atinja bons resultados na sua função estrutural, são necessários que os componentes utilizados na dosagem do concreto, sejam de boa qualidade.

Pois sendo uma mistura homogênea, cada componente possui uma função única e própria, fazendo com que a má qualidade de apenas um dos elementos utilizados, afete consideravelmente a resistência final do concreto endurecido (ABNT NBR 6118, 2014). Tais componentes essenciais são: Agregados graúdos e miúdo, aglomerante, aditivos e adições.

O objetivo deste artigo foi verificar a influência do tipo de rocha utilizado como agregado graúdo na resistência do concreto aos 7, 14 e 28 dias nos ensaios de compressão axial ABNT NBR 5739 (2007), e aos 28 dias no ensaio de determinação da resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndrico (ABNT NBR 7222, 2011).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo realizado refere-se à análise do comportamento de dois agregados utilizados na dosagem do concreto, o Diabásio e Dunito. Ambos comumente utilizados na cidade de Passos-MG.

O foco da experimentação foi à avaliação da influência dos agregados nas propriedades do concreto no estado endurecido e no estado fresco. Dessa forma, as variáveis em análise foram:

No estado endurecido:

- Resistência à compressão uniaxial;
- Resistência à tração por compressão diametral;
- Condições de cura

No estado fresco:

- Relação água/cimento
- Trabalhabilidade;

2.1 Ensaios Realizados:

As características dos agregados e do cimento afetam o concreto em variados graus, pois na maioria das vezes o mesmo tem a sua ruptura na zona de transição na interface entre a matriz da argamassa e o agregado graúdo. Para garantir que os materiais utilizados estão em concordância com os padrões normativos vigentes, foram realizados os seguintes ensaios:

- a) *Determinação da massa unitária do agregado graúdo:* conforme a ABNT NBR NM 45 (2006);
- b) *Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água:* conforme a ABNT NBR NM 53 (2003);
- c) *Determinação da composição granulométrica:* de acordo com a ABNT NBR NM 248 (2003);
- d) *Ensaio de abrasão “Los Angeles”:* de acordo com a (ABNT NBR NM 51 (2001);
- e) *Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro:*
conforme a ABNT NBR 7809 (2006);
- f) *Determinação da massa unitária do agregado miúdo:* conforme a ABNT NBR NM 45 (2006);
- g) *Determinação da massa específica do agregado miúdo:* conforme a ABNT NBR 9776 (1987);
- h) *Determinação da massa específica do cimento:* conforme a ABNT NBR NM 23 (2001)

2.2 Dimensionamento dos traços de concreto pelo método ACI/ABCP

Para a análise experimental, dois traços de concreto foram dimensionados. Em um dos traços o agregado graúdo utilizado foi o Diabásio e no outro o Dunito. Para calibração dos resultados, dois traços empíricos foram utilizados. Ao total 48 corpos de prova foram moldados, 12 para cada traço, sendo 9 destinados ao ensaio de compressão axial, onde para cada data 07, 14 e 28 dias, foram rompidos 3 exemplares e também aos 28 dias 3 exemplares foram rompidos a tração por compressão diametral. Após análise dos traços foi feita uma avaliação de eventuais

alterações das variáveis em estudo.

2.2 Dosagem e ensaios das propriedades do concreto

A etapa seguinte à obtenção da caracterização dos materiais e a determinação do traço foram à dosagem experimental e por consequência os ensaios no concreto fresco, o processo de cura e os posteriores ensaios das características mecânicas de interesse.

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios de caracterização mostraram que os agregados e o cimento estão dentro dos parâmetros normativos de materiais para confecção dos concretos.

A caracterização dos agregados graúdos mostrou que numa primeira análise, tanto o Diabásio quanto o Dunito podem ser utilizados como material constituinte dos concretos. A etapa posterior de dosagem mostrará o comportamento desses materiais empiricamente.

3.1 Traços obtidos pelo método ACI/ABCP

Para a obtenção dos traços de concreto foi utilizado um desvio padrão em função a condição de preparo $S_d = 5,5$ (B). Os quadros 1 ao 4 apresentam as proporções dos materiais obtidas no dimensionamento.

Quadro 1 - Traço teórico Diabásio

TRAÇO TEÓRICO BÁSICO DIABÁSIO										
Cimento	Areia	Brita 01	Água	Quant. CP's	Romp. Comp. Axial	Romp. Comp. diametral	Slump (mm)	fck (MPa)	Água adic. g	Slump (mm) Traço
1	1,42	2,76	0,47	09	06	03	80 a 100	20	0,40	90

Fonte, Autor, 2021

Quadro 2 - Traço comum empírico Diabásio

TRAÇO COMUM EMPÍRICO DIABÁSIO										
Cimento	Areia	Brita 01	Água	Quant. CP's	Romp. Comp. Axial	Romp. Comp. diametral	Slump (mm)	fck (MPa)	Água adic. g	Slump (mm) Traço
1	2,00	3,00	0,47	09	06	03	80 a 100	20	1,3	85

Fonte, Autor, 2021

Quadro 3 - Traço teórico básico Dunito:

TRAÇO TEÓRICO BÁSICO DUNITO										
Cimento	Areia	Brita 01	Água	Quant. CP's	Romp. Comp. Axial	Romp. Comp. diametral	Slump (mm)	fck (MPa)	Água adic. g	Slump (mm) Traço
1	1,46	2,33	0,47	09	06	03	80 a 100	20	0,45	85

Fonte, Autor, 2021

Quadro 4 - Traço comum empírico Dunito

TRAÇO COMUM EMPÍRICO DUNITO										
Cimento	Areia	Brita 01	Água	Quant. CP's	Romp. Comp. Axial	Romp. Comp. diametral	Slump (mm)	fck (MPa)	Água adic. g	Slump (mm) Traço
1	2,00	3,00	0,47	09	06	03	80 a 100	20	2,80	85

Fonte, Autor, 2021

Analisando os Quadros 1 ao 4, onde são apresentados os resultados dos traços, pode se perceber também algumas características no estado fresco. A quantidade de água adicionada aos traços do Diabásio foi menor que do Dunito, 0,4 g contra 0,45 g para os traços básicos e 1,30 g contra 2,80g para os traços empíricos. O que leva um menor consumo de água na mistura. Vale ressaltar também que o concreto com Diabásio teve um abatimentomaior que do Dunito, 0,90 contra 0,85 mm, mesmo possuindo menor fator água cimento.

3.1 Processo de cura e características do concreto no estado endurecido

A cura dos corpos de prova iniciou-se pós 24 horas de sua moldagem. O processo utilizado foi de câmara úmida.

Decorrido o período de 07, 14 e 28 dias os corpos de prova foram sendo retirados e submetidos aos ensaios de compressão simples e compressão diametral. A prensa utilizada foi uma prensa universal eletro-hidráulica com capacidade para aplicação de carga de 125.000 Kgf sendo graduada de 250 em 250 Kgf.

Os Quadros 5 e 6 mostram os resultados das resistências à compressão obtidas nos ensaios.

Quadro 5 - Resultados compressão axial Diabásio

CÁLCULO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL EM CP'S DE CONCRETO								
It.	IDENTIFICAÇÃO AMOSTRA	MOLDAGEM	IDADE	ROMPIMENTO	PERÍM.	ÁREA-	FORÇA-	RES.
		EM	DE	NTO	M.	cm ²	A-	MPa
					cm		kg	
1	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	7	26/04/2021	31,60	79,46	21000	26,43
2	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	7	26/04/2021	31,60	79,46	22500	28,32
3	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	7	26/04/2021	31,50	78,96	21250	26,91
4	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	14	3/5/2021	31,50	78,96	24000	30,39
5	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	14	3/6/2021	31,60	79,46	25000	31,46
6	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	14	3/7/2021	31,50	78,96	24500	31,03
7	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	28	17/05/2021	31,50	78,96	27750	35,14
8	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	28	17/05/2021	31,60	79,46	28250	35,55
9	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	28	17/05/2021	31,50	78,96	28000	35,46
1	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	7	26/04/2021	31,60	79,46	16750	21,08
2	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	7	26/04/2021	31,50	78,96	16500	20,90
3	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	7	26/04/2021	31,60	79,46	16750	21,08
4	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	14	3/5/2021	31,60	79,46	18750	23,60
5	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	14	3/6/2021	31,60	79,46	19500	24,54
6	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	14	3/7/2021	31,50	78,96	19000	24,06
7	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	17/05/2021	31,50	78,96	20750	26,28
8	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	17/05/2021	31,60	79,46	21500	27,06
9	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	17/05/2021	31,60	79,46	22000	27,69

Fonte, Autor, 2021

Quadro 6 - Resultado a compressão axial Dunito

CÁLCULO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL EM CP'S DE CONCRETO								
It.	IDENTIFICAÇÃO AMOSTRA	MOLDAGE M	IDAD E	ROMPIMENT O	PERÍM. cm	ÁREA- cm ²	FORÇA- kg	RES. MPa
1	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	7	26/04/2021	31,70	79,97	16000	20,01
2	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	7	26/04/2021	31,60	79,46	15250	19,19
3	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	7	26/04/2021	31,50	78,96	15000	19,00
4	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	14	3/5/2021	31,50	78,96	17000	21,53
5	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	14	3/6/2021	31,60	79,46	16750	21,08
6	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	14	3/7/2021	31,60	79,46	16250	20,45
7	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	28	17/05/2021	31,50	78,96	17750	22,48
8	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	28	17/05/2021	31,60	79,46	17500	22,02
9	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	28	17/05/2021	31,50	78,96	17250	21,85
1	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	7	26/04/2021	31,50	78,96	12000	15,20
2	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	7	26/04/2021	31,60	79,46	11500	14,47
3	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	7	26/04/2021	31,60	79,46	11000	13,84
4	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	14	3/5/2021	31,60	79,46	12750	16,05
5	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	14	3/6/2021	31,50	78,96	13250	16,78
6	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	14	3/7/2021	31,60	79,46	11500	14,47
7	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	17/05/2021	31,50	78,96	13250	16,78
8	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	17/05/2021	31,60	79,46	13000	16,36
9	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	17/05/2021	31,60	79,46	14250	17,93

Fonte, Autor, 2021

Observa-se que as resistências obtidas utilizando o Diabásio como agregado graúdo no concreto, foram superiores as obtidas utilizando Dunito. O comportamento observado foi à

mesma tendência já detectada nos traços empíricos testados no laboratório.

Já o quadro 7 mostra os resultados da resistência à tração.

Quadro 7 - Resistência a Tração por compressão diametral

CÁLCULO PARA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL DE CORPOS DE									
It.	IDENTIFICAÇÃO AMOSTRA	MOLDAG.	IDAD E	ROMPIMENTO	DIÂ M. mm	COMP. mm	F - Kg	F - N	RES. MPa
1	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	18250	18250	2,58
2	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	24500	24500	3,47
3	TRAÇO DIABÁSIO	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	21500	21500	3,04
1	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	19000	19000	2,69
2	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	16000	16000	2,26
3	TRAÇO DIABÁSIO COMUM (EMPÍRICO))	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	17000	17000	2,41
1	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	13250	13250	1,87
2	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	16750	16750	2,37
3	TRAÇO DUNITO	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	18000	18000	2,55
1	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	12000	12000	1,70
2	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	10000	10000	1,41
3	TRAÇO DUNITO COMUM (EMPÍRICO)	19/04/2021	28	26/04/2021	150	300	12500	12500	1,77

Fonte, Autor, 2021

Observa-se que de forma semelhante ao obtido para as resistências à compressão, o concreto com Diabásio também registrou maiores resistências à tração, quando comparados com o Dunito. Tendência essa já observada anteriormente de forma empírica.

CONCLUSÃO

Desde tempos imemoriais os métodos construtivos vêm se desenvolvendo gradativamente. A evolução tecnológica proporcionou grandes avanços na área de materiais proporcionando o que hoje temos com o concreto, que na atualidade, é o material mais

consumido no planeta, perdendo apenas para a água.

O concreto por ser um material heterogêneo, para o mesmo atinja os resultados para que fosse previsto é necessário que os materiais que o constitua seja de boa qualidade e que todos os procedimentos utilizados na dosagem estejam fundamentados em parâmetros já consagrados em normas específicas.

Nesse sentido, o agregado graúdo utilizado na mistura tem importância crucial nas propriedades mecânicas do concreto, em especial sua resistência à compressão. A interação da interface matriz/agregado influencia significativamente na resistência do concreto, que em verdade, é a propriedade mais importante esperada do concreto endurecido, isto é, sua resistência.

Buscando aprofundar o estudo dos agregados graúdos utilizados no concreto este trabalho analisou empiricamente o resultado do concreto dosado com dois tipos diferentes de agregados graúdos, o Diabásio e o Dunito. Ambos utilizados na região de Passos – MG.

Para calibração dos resultados, dois traços obtidos de forma empírica, cujos resultados já eram conhecidos no laboratório, foram utilizados para comparação com os resultados dos traços obtidos de forma racional.

Os resultados mostraram os traços obtidos de forma racional seguiram a tendência dos traços empíricos, cujos comportamentos eram esperados, ou seja, o concreto contendo Diabásio como agregado graúdo apresentou melhor desempenho tanto no estado fresco, como no estado endurecido. Esse desempenho se mostrou evidente no maior abatimento, mesmo tendo um fator água/cimento menor que o concreto com Dunito e no aspecto de resistência à tração e compressão.

Dessa forma o trabalho observou melhor comportamento no concreto utilizando Diabásio apenas para as variáveis em estudo. Todavia, outros ensaios devem ser feitos no sentido de avaliar outras propriedades e características do concreto e aprofundar o conhecimento do tema proposto e também compará-lo com outros tipos de agregados, além do aqui analisado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM23**: Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM30**: Agregado miúdo - Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM45:** Agregados - Determinação da massa unitária e do volume devazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM51:** Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Ángeles". Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM53:** Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR NM248:** Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 5739:** Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-provacilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 6118:** Projetos de estrutura de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7211:** Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7222:** Concreto e Argamassa - Determinação da resistência por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 9935:** Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 9938:** Agregados - Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos - Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 9776:** Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 12142:** Concreto - Determinação da Resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 12655:** Concreto de Cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ALBUQUERQUE, A. S. **Materiais de Construção:** Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos, Asfalto - Novos Materiais para Construção Civil - Cap. 04: Agregados. 5ª ed., Vol. 1. Rio de Janeiro: L. F. BAUER, gen|LTC, 2021.

BAUER, L. F. **Materiais de construção:** Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos, Asfalto - Novos Materiais para Construção Civil. 5ª ed., Vol. 1. Rio de Janeiro: L. F. BAUER, gen|LTC, 2015.

BAUER, L. F., & NORONHA, M. A. **Materiais de Construção Civil:** Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos, Asfalto - Novos Materiais para Construção Civil - Cap. 07: Estudo de dosagem. 5ª ed., Vol. 1. Rio de Janeiro: L. F. BAUER, gen|LTC, 2015.

FARIAS, M. M., & PALMEIRA, E. M. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais** - Cap. 16: Agregados para a Construção Civil. 2ª ed., Vol. 1. São Paulo: G. C. ISAIA, IBRACON, 2010.

FORT BATTAGIN, A., & SILVA BATTAGIN, I. L. **Materiais de Construção Civil e princípios de ciência e engenharia de materiais** - Cap. 24: O Cimento Portland no Brasil. 2ª ed., Vol. 1. São Paulo: G. C. ISAIA, IBRACON, 2010.

FRASCÁ, M. O. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais** - Cap. 15: Rocha como Material de Construção. 2ª ed., Vol. 1. São Paulo: G. C. ISAIA, IBRACON, 2010.

HELENE, P., & ANDRADE, T. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2ª ed., Vol. 2. São Paulo: G. C. ISAIA, IBRACON, 2020.

ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2ª ed., Vol. 1. São Paulo: G. C. ISAIA, IBRACON, 2020.

ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2ª ed., Vol. 2. São Paulo: G. C. ISAIA, IBRACON, 2020.

MEHTA, P. K., & MONTEIRO, P. J. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3ª ed. São Paulo: N. P. HASPARYK, P. HELENE, V. A. PAULON, Eds., &

C. BORBA, Trad., IBRACON, 2016.

OLIVEIRA, H. M. **Materiais de Construção civil: Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos, Asfalto - Novos Materiais para Construção Civil** - Cap. 10: Propriedade do concreto endurecido. 5ª ed., Vol. 1. Rio de Janeiro: L. F. BAUER, gen|LTC, 2012.

1023

OLIVEIRA, H. M. **Materiais de construção civil: Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos, Asfalto - Novos Materiais para Construção Civil** - Cap. 3: Cimento Portland. 5ª ed., Vol. 1. Rio de Janeiro: L. F. BAUER, gen|LTC, 2012.

PETRUCCI, E. G. **Materiais de Construção**. 12ª ed., São Paulo: Globo S.A., 2007.

QUEIROZ, R.C. **Geologia e Geotecnia Básica para a Engenharia Civil**. RIMA, 2009.

VERÇOSA, E. J. **Materiais de Construção: Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos, Asfalto - Novos Materiais para construção Civil** - Cap. 01 Introdução. 5ª ed., Vol. 1. Rio de Janeiro: L. F. BAUER, gen|LTC, 2012.