



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 102021012107-6 B1



(22) Data do Depósito: 18/06/2021

(45) Data de Concessão: 04/10/2022

(54) Título: PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CONCRETOS DO TIPO SECO

(51) Int.Cl.: C04B 40/00; C04B 111/00; C04B 103/30; G05B 17/00.

(52) CPC: C04B 40/00; C04B 2111/00198; C04B 2103/302; G05B 17/00.

(73) Titular(es): CAIBI ARTEFATOS DE CIMENTO LTDA EPP.

(72) Inventor(es): GETULIO CESAR SILVEIRA.

(57) Resumo: PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CONCRETOS DO TIPO SECO. A presente patente de invenção se refere a um processo de fabricação de concreto do tipo seco, juntamente com a determinação do consumo de água por metro cúbico de concretos secos com tempo Vebe entre 18 e 32 segundos, para produção de artefatos em concreto, como por exemplo: blocos de pavimento, tubos, meio-fio, entre outros, possibilitando testar o consumo de água de vários materiais de forma virtual.

PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CONCRETOS DO TIPO SECO

[0001] A presente patente de invenção se refere a um processo de fabricação de concreto do tipo seco, juntamente com a determinação do consumo de água por metro cúbico de concretos secos com tempo Vebe entre 18 e 32 segundos, para produção de artefatos em concreto, como por exemplo: blocos de pavimento, tubos, meio-fio, entre outros, possibilitando testar o consumo de água de vários materiais de forma virtual.

[0002] O concreto seco ou (no-slump) é empregado na produção de artefatos de concreto como blocos, tubos e as mais variadas aplicações, com utilização de equipamentos tais como vibro prensas, máquinas de compactação, para retirada de vazios e auxilia a tomar a forma necessária. Assim como o concreto convencional é composto por aglomerante, agregados miúdos e graúdos também adicionando aditivos e/ou adições, as propriedades deste concreto no estado fresco são fundamentais para o melhoramento das suas propriedades no estado endurecido. A água intervém nas propriedades do concreto no estado fresco, promovendo o restringimento do atrito através de uma espécie de película que envolve os grãos, proporcionando a conjunção do agregado por meio da pasta de cimento, trazendo a consistência necessária para o concreto ser transportado e disposto nas formas sem perda de homogeneidade.

[0003] Para a dosagem deste concreto existem vários métodos de dosagem, porém a sua maioria é baseado em curvas “ótimas” de agregados desenvolvidas com um tipo específico de agregado e um tipo específico de prensa, não existindo um método de dosagem consagrado para concreto seco, devido a grande variação de densidade das misturas e diferença de desempenho de vibro prensas,

também encontrando barreiras técnicas para a aplicação de metodologias que aperfeiçoem sua dosagem em formulações empíricas que não levam em conta de forma adequada os formatos dos agregados ou grãos, resultando em misturas de médio ou baixo desempenho com excessivos consumos de cimento para atingir a resistência necessária.

[0004] No estado da técnica encontramos alguns processos que tem por objetivo realizar a dosagem na fabricação de concreto, como por exemplo, o documento PI 1102559-0 depositado em 30/05/2011 e nominado “Sistema e processo de dosagem fina de cimento ou pó e mistura contínuo” que tem por objetivo dosar de forma muito mais eficiente que as atuais, o processo capaz de adequar-se mais rapidamente à vazão da unidade de mistura em precisões de gramas por tonelada evitando o excesso não desejado no processo.

[0005] Outro documento encontrado é uma patente chinesa CN110271102A depositado em 24/09/2019 e nominado “Sistema de controle de dosagem de estação de mistura de concreto e método de controle” que tem por objetivo fornecer um sistema de controle de lote de estação de mistura de concreto e um método de controle, que pode melhorar a precisão e velocidade dos ingredientes.

[0006] Apesar dos atuais processos de dosagem existentes, os mesmos tornam o processo lento e oneroso e resultando em um produto de qualidade média ou baixa e com excessivo consumo de cimento, é importante salientar a necessidade de se realizar testes práticos para obtenção de dosagens mais coerentes. É notável que sejam vários fatores que influenciam nas propriedades do concreto seco no estado fresco, no entanto a maioria deles não é levada em consideração nos atuais métodos de dosagem.

[0007] O objeto desta patente é um processo de fabricação de concreto, implementando um novo conceito de dosagem para auxiliar na produção de concretos secos, levando em consideração a problemática dos atuais métodos de dosagem foi desenvolvido um novo método para a determinação do consumo de água por metro cúbico de concreto seco utilizado na fabricação de artefatos vibro prensados, a aplicação desse método possibilita uma melhor otimização nos traços. De maneira virtual é possível testar várias proporções de agregados e verificar qual resultará em um concreto com melhor empacotamento e menor consumo de água, evitando assim testes onerosos e demorados em laboratórios e produção.

[0008] O presente processo apresenta uma metodologia de ensaios realizados para desenvolvimento do mesmo, a fim de comprovar a validade do processo de fabricação, seguindo um fluxograma. Para realização dos ensaios foi utilizado apenas agregados miúdos para produção dos concretos sendo: areia natural de cava, areia britada de rocha basáltica, pó de brita, para caracterização básica dos agregados foram realizados os ensaios de granulometria, massa específica e teor de pulverulentos, realizados dentro de laboratório seguindo as normas de ensaios, conforme indicações abaixo:

Ensaio	Metodologia/Norma
Granulometria	NBR NM 248-2003
Massa específica agregado miúdo	NBR 9776-2003
Teor de pulverulentos	NBR 7219-2011
Absorção de água	NBR NM 30-2000
Blane	NBR 16372-2015
Massa específica cimento	NBR 16605-2017
Granulometria à laser	ISO 13320-2009

[0009] Para análise do formato de grão, foi utilizado o método GTEC-UFSC, o qual se calcula um coeficiente de forma (Cf) para cada fração do material. Este coeficiente é a relação entre o volume total da

amostra e o volume teórico, considerando cada grão uma esfera cujo diâmetro é a maior dimensão do mesmo, resultado da análise de formato de grão descrito no quadro a seguir:

Material	Peneira (mm)	Retidos (%)	Coefficiente de Forma	Circularidade
Pó de brita	2,4	23,99%	0,21	0,67
Pó de brita	1,2	27,12%	0,23	0,74
Pó de brita	0,6	14,09%	0,19	0,76
Pó de brita	0,3	9,40%	0,15	0,81
Pó de brita	0,15	6,92%	0,24	0,83
Pó de brita	0,075	7,34%	-	-
Pó de brita	Fundo	11,13%	-	-
<i>Pó de brita</i>	<i>Média ponderada:</i>		<i>0,21</i>	<i>0,74</i>
Areia britada	2,4	24,01%	0,12	0,71
Areia britada	1,2	30,35%	0,11	0,71
Areia britada	0,6	14,52%	0,14	0,76
Areia britada	0,3	9,07%	0,16	0,76
Areia britada	0,15	6,33%	0,22	0,84
Areia britada	0,075	7,45%	-	-
Areia britada	Fundo	8,26%	-	-
<i>Areia britada</i>	<i>Média ponderada:</i>		<i>0,13</i>	<i>0,73</i>
Areia natural	2,4	0,00%		
Areia natural	1,2	1,17%	0,26	0,74
Areia natural	0,6	5,25%	0,27	0,77
Areia natural	0,3	32,78%	0,24	0,85
Areia natural	0,15	53,88%	0,21	0,89
Areia natural	0,075	6,01%	-	-
Areia natural	Fundo	0,91%	-	-
<i>Areia natural</i>	<i>Média ponderada:</i>		<i>0,22</i>	<i>0,87</i>

[0010] A aplicação do método do empacotamento compressível depende da caracterização dos materiais, o empacotamento dos agregados foi determinado por meio do ensaio de massa unitária compactada, este procedimento deve ser realizado variando os teores de umidade da mistura, para encontrar o ponto da curva em que o material tem a maior massa. No caso do cimento, foi utilizado o método para partículas menores que 100 µm, o qual demanda de água para a realização do ensaio.

[0011] Foi utilizado o ensaio Vebe modificado, pois, os concretos utilizados para fabricação de artefatos possuem uma consistência cada vez mais seca, devido à força de prensagem das vibro prensas serem cada vez maior, o ensaio tradicional não é suficiente para caracterizar todos os concretos secos, para o ensaio foi disposto o equipamento de Vebe modificado, de acordo com a ASTM C1170 – 91, aplicando uma vibração de 60 Hz com uma amplitude entre 0,4 e 0,5 mm e uma sobrecarga de 22,7 Kg, fixando a classe de tempo Vebe, de acordo com a ACI 211.2, de concretos extremamente secos entre 18 e 32 segundos, para todos os concretos.

[0012] Para analisar a influência do empacotamento, formato de grão e superfície específica no consumo de água, em concretos secos de mesma consistência, foi necessário o desenvolvimento de uma planilha de dosagem incorporando todos esses elementos, gerando dados necessários para o processo de dosagem virtual. Para determinação do consumo de água, foram produzidos concretos variando os parâmetros propostos, foram produzidos nove concretos diferentes, tendo fixos o mesmo consumo de cimento e o mesmo tempo Vebe, deixando assim para a análise o empacotamento da mistura, consumo de água, superfície específica e formato dos grãos. O consumo de cimento adotado foi de 300 kg/m³ e o tempo Vebe foi o intervalo de 18 a 32 segundos, no quadro a seguir os traços produzidos na pesquisa:

Traço	Proporções de materiais em volume		
	Areia de brita	Pó de brita	Areia natural
CAP (referência)	100%		
CPB (referência)		100%	
CAN (referência)			100%
CAB/PB	50%	50%	
CAB/NA	50%		50%
CPB/NA		50%	50%
C50AB/PA/NA	50%	25%	25%

C50PA/AB/NA	25%	50%	25%
C50AN/AB/PA	25%	25%	50%

[0013] Essas proporções de materiais foram escolhidas objetivando abranger meios e extremos, em proporção, e na mistura de três materiais foi analisado o comportamento de cada mistura tendo um agregado como dominante, cada um desses concretos adquiridos se obterá um valor de empacotamento, formato de grão, água adsorvida e um reflexo da variação desses parâmetros no consumo de água, proporcionando assim a realização de uma análise comparando os concretos.

[0014] Para determinação da superfície específica a qual é definida como relação entre a área superficial do grão e o volume, levando em consideração a premissa que a água adsorvida na superfície dos grãos está diretamente relacionada com a área deles, foi realizado um ensaio para mensurar a água adsorvida na superfície do grão por volume de grão e este resultado foi utilizado como parâmetros no processo de obtenção do concreto seco, e os resultados dos ensaios descritos no quadro a seguir:

Material	Ensaio	Massa específica	Massa unitária compactada	Água adsorvida
Pó de brita	Emp. Seco	2,95	2,0881	0,4101
	Emp. Molhado	2,95	2,3784	
Areia britada	Emp. Seco	2,95	1,9964	0,4290
	Emp. Molhado	2,95	2,2867	
Areia natural	Emp. Seco	2,64	1,6805	0,4003
	Emp. Molhado	2,64	1,9353	

[0015] Os materiais britados obtiveram um valor de água adsorvida maior que a areia, apesar de possuírem um módulo de finura maior, tudo se dá pelo seu formato de grão e o teor de pulverulentos, sendo assim a areia natural possui formato mais esférico e um teor de pulverulento menor justificando a menor demanda de água no material, e a areia britada obteve maior absorção de água, devido seu formato mais lamelar, muito distante de uma esfera.

[0016] O presente processo de fabricação engloba um novo método de consumo de água por metro cúbico de concretos secos com Vebe entre 18 e 32 segundos caracterizados extremamente secos. A equação é subdividida em quatro partes e cada uma delas com um coeficiente ponderador da sua importância no consumo de água, sendo elas: água adsorvida nos grãos dos agregados, água livre, água adsorvida nos grão de cimento e a influência do formato de grão.

[0017] A água adsorvida na superfície dos grãos de agregado é calculada multiplicando o volume de agregados no concreto, por metro cúbico, pelo coeficiente de água adsorvida, sendo realizado para cada agregado.

[0018] A água adsorvida na superfície dos grãos de cimento é calculada da mesma forma que foi calculada para os agregados.

[0019] A água livre é calculada subtraindo do índice de vazios da mistura granular seca o volume de água adsorvida nos agregados e no cimento, o índice de vazios vem do MEC, e por fim o coeficiente de forma entra na equação no denominador dela.

[0020] Na Equação 1 é mostrado matematicamente o processo acima descrito:

$$V_{tt} = \frac{x_1 \sum_{i=1}^n V_{ai} \alpha_{ai} + X_2(e) + X_3 V_{cac}}{(X_4 + Cf)}$$

Onde:

V_{tt} = volume total de água por metro cúbico de concreto;
 X_1 = coeficiente ponderador da água adsorvida na superfície dos agregados;
 X_2 = coeficiente ponderador da água livre;
 X_3 = coeficiente ponderador da água adsorvida na superfície dos grãos de cimento;
 X_4 = coeficiente ponderador do coeficiente de forma;
 V_{ai} = Volume do agregado "i" por metro cúbico de concreto;
 α_{ai} = Demanda de água por metro cúbico do agregado "i";
 e = índice de vazios da mistura granular seca;
 V_c = volume de cimento por metro cúbico de concreto;
 α_c = Demanda de água do cimento;
 C_f = Coeficiente de forma médio da mistura de agregados.

Equação 1

[0021] Para verificação da validade do processo de fabricação de concretos do tipo seco, foi aplicada a equação (1) em todos os concretos produzidos no laboratório e comparando o consumo de água por metro cúbico obtido no laboratório e o consumo obtido por meio da equação, no quadro a seguir seguem-se os resultados demonstrados:

Traço Traço	Água/m ³ (laboratório)	Água/m ³ (Equação)	Erro absoluto	Erro relativo
CAN	0,120	0,125	0,005	3,978%
CPB	0,129	0,125	-0,004	-2,810%
CAB	0,140	0,144	0,004	2,927%
CAN/PB	0,125	0,124	-0,001	-0,744%
CAN/AB	0,126	0,132	0,006	4,655%
CAB/PB	0,131	0,134	0,004	2,699%
C50AN/AB/PB	0,125	0,128	0,002	1,841%
C50PB/NA/AB	0,121	0,129	0,008	0,000%
C50AB/NA/PB	0,138	0,131	-0,007	-4,893%

[0022] Obtendo um erro máximo de 7 litros de água por metro cúbico de concreto, trata-se de um valor pouco significativo, representando um erro de 1,17 litros por betonada com 50 kg de cimento, obtendo-se assim um meio de testagem virtual tornando o processo rápido e menos oneroso.

[0023] A descrição que se segue e a figura associada fará compreender bem o objeto desta patente de invenção.

[0024] A figura 1 representa um fluxograma de realização do processo de fabricação de concretos secos.

REIVINDICAÇÃO

1. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CONCRETO DO TIPO SECO, constituído por um processo de fabricação do concreto do tipo seco com VeBe entre 18 e 32 segundos, utilizando como matéria-prima cimento, agregados e água, **caracterizado** pelas etapas de: medir a água adsorvida na sua superfície do grão agregado por volume de grão, medir a água adsorvida na superfície dos grãos de cimento, determinar o teor de água livre, determinar o coeficiente de forma a realizar a determinação virtual do consumo de água por metro cúbico de concreto utilizando a equação 1 $V_{tt} = \frac{x_1 \sum_{i=1}^n V_{ai} \alpha_{ai} + X_2(e) + X_3 Vc \alpha c}{(X_4 + Cf)}$, onde V_{tt} – volume total de água por metro cúbico de concreto, X_1 – coeficiente ponderador da água adsorvida na superfície dos agregados, X_2 – coeficiente ponderador da água livre, X_3 – coeficiente ponderador da água adsorvida na superfície dos grãos de cimento, X_4 – coeficiente ponderador do coeficiente de forma, V_{ai} – volume do agregado “i” por metro cúbico de concreto e – índice de vazios da mistura granular seca, Vc – volume de cimento por metro cúbico de concreto, αc – demanda de água do cimento, Cf – coeficiente de forma médio da mistura de agregados.

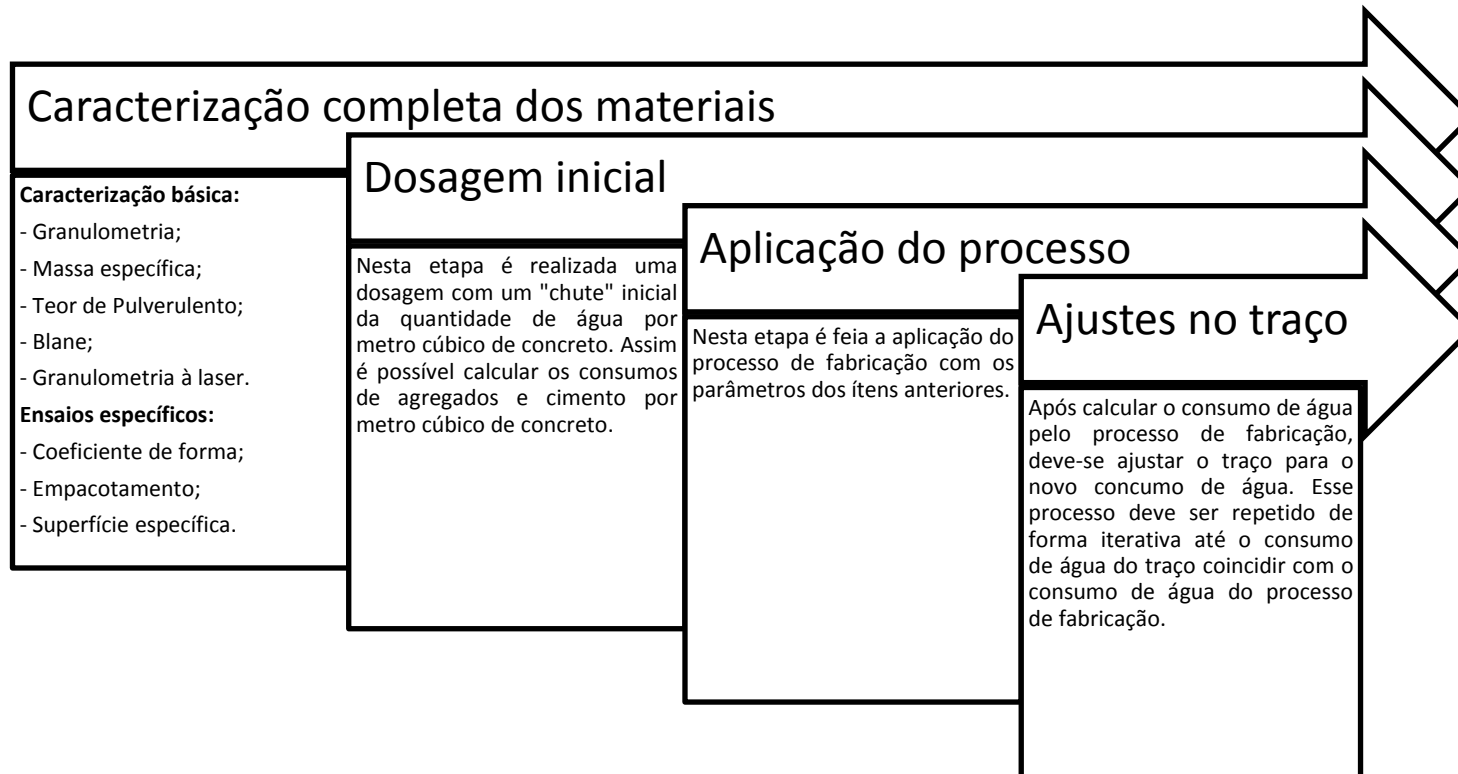


Fig. 01