



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

(21) BR 112020001508-3 A2



(22) Data do Depósito: 24/07/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 08/09/2020

(54) Título: MÉTODO E SISTEMA PARA MEDIR A DENSIDADE DE CONCRETO FRESCO

(51) Int. Cl.: G01N 9/16; G01N 9/26.

(30) Prioridade Unionista: 28/07/2017 US 62/538,241.

(71) Depositante(es): COMMAND ALKON INCORPORATED.

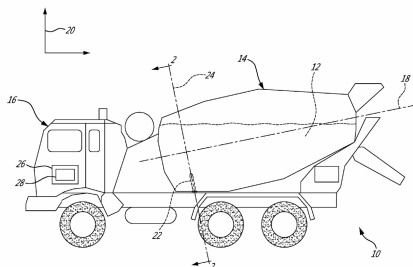
(72) Inventor(es): DENIS BEAUPRE.

(86) Pedido PCT: PCT EP2018070031 de 24/07/2018

(87) Publicação PCT: WO 2019/020621 de 31/01/2019

(85) Data da Fase Nacional: 23/01/2020

(57) Resumo: A presente invenção refere-se a um método para determinar a densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira, que envolve uma sonda montada dentro do tambor, se estendendo em uma orientação radial do tambor e sendo movida circunferencialmente à medida que o tambor gira. O método apresenta: receber o primeiro e o segundo valores de pressão indicativos das pressões normais exercidas sobre a sonda pelo concreto fresco nas primeira e segunda posições circunferenciais correspondentes e diferentes do tambor durante a rotação do tambor; e determinar um valor de densidade do concreto fresco com base no volume da sonda e em uma diferença entre o primeiro e o segundo valores de pressão.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
"MÉTODO E SISTEMA PARA MEDIR A DENSIDADE DE CONCRETO FRESCO".

CAMPO

[0001] A presente invenção refere-se, de modo geral, a aperfeiçoamentos no campo da produção de concreto, e, mais particularmente, à medição da densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira.

ANTECEDENTES

[0002] É bem conhecido na indústria do concreto que a densidade de concreto fresco é afetada pela composição do concreto e pelo conteúdo de ar.

[0003] A densidade é geralmente calculada com a divisão de um volume conhecido de material por seu peso. Para uma determinada composição, a densidade medida ou calculada de concreto fresco pode ser comparada à densidade teórica sem considerar a presença de ar para calcular o conteúdo de ar teórico. A medição da densidade geralmente requer o uso de um volume conhecido de recipiente que é preenchido com o concreto fresco, o peso do concreto sendo determinado descontando o peso do recipiente.

[0004] O Pedido de Patente Internacional No. WO 2014/138968 descreve uma técnica para estimar a densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira. Nesta técnica, a densidade do concreto fresco é determinada a partir das pressões de força usando uma sonda de medição de pressão/força. Nesta técnica, os valores de pressão ou força indicativos da pressão ou força correspondentes exercidas sobre a sonda e o ângulo de sonda associado são registrados para uma pluralidade de posições circunferenciais da sonda ao longo de seu percurso de movimento no concreto fresco. Depois, um conjunto de dados válidos é extraído dos

dados registrados de modo a calcular uma relação linear que é melhor ajustada ao conjunto de dados válidos. Esta curva de relação linear de melhor ajuste é proporcional à densidade do concreto de acordo com um coeficiente que é um fator trigonométrico do fluido e as características geométricas e mecânicas do sensor de pressão. Daí em diante, o coeficiente de proporcionalidade pode ser calibrado contra medições de inclinação para densidade conhecida.

[0005] Embora a técnica existente para medir a densidade de concreto fresco seja satisfatória até certo ponto, resta espaço para aperfeiçoamentos.

SUMÁRIO

[0006] São descritos um método e um sistema para medir a densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira usando uma sonda. O tambor do caminhão betoneira pode girar em torno de um eixo de rotação que é pelo menos parcialmente orientado horizontalmente com relação à vertical. A sonda é montada dentro do tambor de modo a se estender em uma orientação radial do tambor. Consequentemente, com a rotação do tambor, a sonda é movida circunferencialmente à medida que o tambor gira. Quando o concreto fresco estiver presente dentro do tambor, e quando a sonda estiver submersa e for movida no concreto fresco por meio da rotação do tambor, uma pressão normal será aplicada sobre a sonda incluindo contribuições normais de flutuabilidade devido ao volume da sonda e de resistência devido ao movimento da sonda no concreto fresco.

[0007] Consequentemente, foi determinado que uma densidade do concreto fresco pode ser determinada com base em um primeiro valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda em uma primeira posição circunferencial do tambor e em um segundo valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda em uma segunda posição circunferencial diferente da primeira

posição circunferencial. Mais importante, descobriu-se que o valor de densidade pode ser determinado com base no volume da sonda e em uma diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão. Em algumas modalidades, a diferença é compensada por um fator trigonométrico que corresponde a uma diferença entre o seno da primeira posição circunferencial e o seno da segunda posição circunferencial. Em outras modalidades, as primeira e segunda posições circunferenciais são preferivelmente escolhidas de modo a ficarem circunferencialmente distantes do fundo do tambor para impedir discrepâncias potenciais nos valores de pressão medidos quando a sonda estiver nas proximidades do fundo do tambor.

[0008] De acordo com um aspecto, é provido um método para determinar a densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira usando uma sonda, o tambor apresentando um eixo de rotação que é pelo menos parcialmente orientado horizontalmente, a sonda sendo montada dentro do tambor, se estendendo em uma orientação radial do tambor e sendo movida circunferencialmente à medida que o tambor gira, e sobre a qual uma pressão normal será aplicada pela fluutuabilidade devido ao volume da sonda quando a sonda estiver submersa no concreto fresco e pela resistência devido ao movimento da sonda no concreto fresco por meio da rotação do tambor, o método compreendendo: receber um primeiro valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco em uma primeira posição circunferencial do tambor durante a rotação do tambor; receber um segundo valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco em uma segunda posição circunferencial durante a rotação do tambor, a primeira posição circunferencial sendo diferente da segunda posição circunferencial; e determinar um valor de densidade do concreto fresco com base no

volume da sonda e em uma diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão. Dependendo da modalidade, a diferença pode ser compensada por um fator trigonométrico correspondendo a uma diferença entre o seno da primeira posição circunferencial e o seno de segunda posição circunferencial. Em algumas modalidades, a primeira e segunda posições circunferenciais são preferivelmente escolhidas de modo a circunferencialmente se afastarem do fundo do tambor.

[0009] De acordo com outro aspecto, é provido um sistema para determinar a densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira, o tambor apresentando um eixo de rotação que é pelo menos parcialmente orientado horizontalmente, o sistema compreendendo: uma sonda montada dentro do tambor, se estendendo em uma orientação radial do tambor e sendo movida circunferencialmente à medida que o tambor gira, e sobre a qual uma pressão normal será aplicada pela flutuabilidade devido ao volume da sonda quando a sonda estiver submersa no concreto fresco e pela resistência devido ao movimento da sonda no concreto fresco por meio da rotação do motor; um dispositivo de computação comunicativamente acoplado com a sonda, o dispositivo de computação sendo configurado para executar as etapas de: receber um primeiro valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco em uma primeira posição circunferencial do tambor durante a rotação do tambor; receber um segundo valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco em uma segunda posição circunferencial durante a rotação do tambor, a primeira posição circunferencial sendo diferente da segunda posição circunferencial; e determinar um valor de densidade do concreto fresco com base no volume da sonda e em uma diferença entre o primeiro valor de

pressão e o segundo valor de pressão; e uma interface de usuário comunicativamente acoplada com o dispositivo de computação, a interface de usuário sendo configurada para exibir o valor de densidade do concreto fresco. Em algumas modalidades, a diferença é compensada por um fator trigonométrico que corresponde a uma diferença entre o seno da primeira posição circunferencial e o seno da segunda posição circunferencial. Em outras modalidades, nenhuma das primeira e segunda posições circunferenciais corresponde ao fundo do tambor.

[0010] De acordo com outro aspecto, é provido um método para determinar a densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira usando uma sonda, o tambor apresentando um eixo de rotação que é pelo menos parcialmente orientado horizontalmente, a sonda sendo montada dentro do tambor, se estendendo em uma orientação radial do tambor e sendo movida circunferencialmente à medida que o tambor gira, e sobre a qual uma pressão normal será aplicada pela flutuabilidade devido ao volume da sonda quando a sonda estiver submersa no concreto fresco e pela resistência devido ao movimento da sonda no concreto fresco por meio da rotação do tambor, o método compreendendo: receber um primeiro valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco em uma primeira posição circunferencial do tambor durante a rotação do tambor; receber um segundo valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco em uma segunda posição circunferencial durante a rotação do tambor, a primeira posição circunferencial sendo diferente da segunda posição circunferencial; e determinar um valor de densidade do concreto fresco com base no volume da sonda e em uma diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão que são compensados por uma

diferença entre o seno da primeira posição circunferencial e o seno da segunda posição circunferencial.

[0011] Muitas outras características e combinações referentes aos presentes aperfeiçoamentos ficarão evidentes àqueles versados na técnica após uma leitura da presente descrição

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0012] Nas figuras,

[0013] a Figura 1 é uma vista em elevação lateral de um exemplo de um sistema para determinar a densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira, de acordo com uma modalidade;

[0014] a Figura 2 é uma vista em seção tomada ao longo da linha 2-2 da Figura 1;

[0015] a Figura 3 é um exemplo de um gráfico que mostra uma contribuição normal de gravidade medida pela sonda durante a rotação de um tambor;

[0016] a Figura 4 é um exemplo de um gráfico que mostra, para duas velocidades de rotação diferentes de um tambor, contribuições normais de flutuabilidade medidas pela sonda, quando submersa na água durante a rotação de um tambor em uma das duas velocidades de rotação do tambor, depois de matematicamente descontar a contribuição normal de gravidade;

[0017] a Figura 5 é um exemplo de um gráfico que mostra, para duas velocidades de rotação diferentes de um tambor, contribuições normais de resistência exercida sobre a sonda pelo movimento da sonda no concreto fresco durante a rotação do tambor em uma velocidade de rotação correspondente das duas velocidades de rotação do tambor;

[0018] a Figura 6 é um exemplo de um gráfico que mostra, para duas velocidades de rotação diferentes de um tambor, contribuições

normais de fluutuabilidade e de resistência medidas durante a rotação de um tambor em uma velocidade de rotação correspondente das duas velocidades de rotação do tambor;

[0019] a Figura 7 é um exemplo de um gráfico que mostra, para duas velocidades de rotação diferentes de um tambor, contribuições normais experimentais de fluutuabilidade e de resistência medidas durante a rotação de um tambor em uma velocidade de rotação correspondente das duas velocidades de rotação do tambor, com discrepâncias para valores de pressão medidos nas proximidades do fundo do tambor;

[0020] a Figura 8 é uma vista em seção de um tambor de um caminhão betoneira, que mostra faixas circunferenciais exemplificativas, de acordo com uma modalidade;

[0021] a Figura 9 é um exemplo de um gráfico que mostra, para duas velocidades de rotação diferentes de um tambor, contribuições normais experimentais de fluutuabilidade e de resistência medidas durante a rotação de um tambor em uma velocidade de rotação correspondente das duas velocidades de rotação do tambor, com discrepâncias para valores de pressão medidos nas proximidades do fundo do tambor e valores de pressão médios para algumas das faixas circunferenciais da Figura 8; e

[0022] A Figura 10 é um exemplo de um gráfico que mostra valores de pressão médios como uma função da velocidade de rotação do tambor, de acordo com uma modalidade.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0023] A Figura 1 mostra um exemplo de um sistema 10 para determinar a densidade de concreto fresco 12 dentro de um tambor 14 de um caminhão betoneira 16. Como mostrados o tambor 14 apresenta um eixo de rotação 18 que é pelo menos parcialmente orientado horizontalmente com relação à vertical 20.

[0024] Como representado neste exemplo, o sistema 10 apresenta uma sonda 22 que é montada dentro do tambor 14 e se estende em uma orientação radial 24 do tambor 14. A sonda 22 é configurada para medir valores de pressão à medida que a sonda 22 se move circunferencialmente no concreto fresco 12 por meio da rotação do tambor 14 em torno do eixo de rotação 18. Como a sonda 22 é assim movida, ela alcança uma pluralidade de posições circunferenciais, que são associadas a valores de pressão correspondentes dos valores de pressão medidos pela sonda 22. Um exemplo potencial da sonda 22 é descrito no Pedido de Patente Internacional No. WO 2011/042880.

[0025] O sistema apresenta um dispositivo de computação 26 que é comunicativamente acoplado com a sonda 22 de modo que o dispositivo de computação 26 possa receber os valores de pressão medidos pela sonda 22 e as posições circunferenciais correspondentes θ . A comunicação entre o dispositivo de computação 26 e a sonda 22 pode ser provida por uma conexão sem fio, uma conexão com fio, ou uma combinação das mesmas.

[0026] Como será descrito abaixo, um valor de densidade D do concreto fresco 12 pode ser determinado pelo dispositivo de computação 26 com base em pelo menos dois valores de pressão recebidos e suas posições circunferenciais correspondentes θ e em pelo menos um parâmetro que pode depender do volume da sonda 22, como será descrito adiante.

[0027] O sistema 10 apresenta uma interface de usuário 28 que é comunicativamente acoplada com o dispositivo de computação 26 e configurada para exibir o valor de densidade D do concreto fresco 12, uma vez determinado. O valor de densidade D pode ser exibido em tempo real na interface de usuário 28 ou ser armazenado em uma memória do dispositivo de computação 26 para exibição em um tempo posterior ou em outra interface de usuário.

[0028] Como melhor visto na Figura 2, a sonda 22 se estende em uma orientação radial 20 do tambor e alcança uma pluralidade de posições circunferenciais θ à medida que o tambor 14 gira em torno do eixo de rotação 18. Mais especificamente, no exemplo ilustrado, a sonda 22 estará em uma posição circunferencial θ de 0° quando a sonda 22 estiver no topo do tambor 14, a sonda 22 estará em uma posição circunferencial de 180° quando a sonda 22 estiver no fundo do tambor 14, e a sonda 22 estará em uma posição circunferencial de 270° quando a sonda 22 estiver à esquerda do tambor 14. Tal definição das posições circunferenciais θ é exemplificativa apenas, visto que as posições circunferenciais θ poderiam ter sido definidas dependendo da modalidade.

[0029] Em cada das posições circunferenciais θ , a sonda 22 mede um valor de pressão e transmite o valor de pressão e a posição circunferencial correspondente θ para o dispositivo de computação 26. Os valores de pressão que são medidos são orientados em uma orientação normal com relação à sonda 22. Tais valores de pressão podem ser referidos como "valores normais de pressão" e podem incluir uma contribuição normal $P_{n,g}$ aplicada sobre a sonda 22 pela gravidade devido ao peso da sonda 22, uma contribuição normal $P_{n,b}$ aplicada sobre a sonda 22 pela flutuabilidade devido ao volume da sonda 22 quando a sonda 22 estiver submersa no concreto fresco 12, e uma contribuição normal $P_{n,r}$ aplicada sobre a sonda 22 pela resistência devido ao movimento da sonda 22 no concreto fresco 12 por meio da rotação do tambor 14. A Figura 2 mostra contribuições normais $P_{n,g}$, $P_{n,b}$, $P_{n,r}$ por meio de vetores de força que atuarão sobre a sonda 22, quando posicionada em diferentes posições circunferenciais.

[0030] A gravidade depende de uma massa m da sonda 22 e da aceleração gravitacional g , e atua sobre a sonda 22 ao longo da

vertical 20. Consequentemente, a contribuição normal $P_{n,g}$ da gravidade exercida sobre a sonda 22 varia com sua posição circunferencial θ . Por exemplo, quando a sonda 22 for horizontalmente orientada, por exemplo, quando a sonda 22 estiver na posição circunferencial $\theta = 90^\circ$ ou $\theta = 270^\circ$, a contribuição normal $P_{n,g}$ da gravidade será máxima ou mínima, visto que a gravidade puxa a sonda 22 em direção ao solo e cria uma pressão descendente sobre ela. Em contraste, quando a sonda 22 for verticalmente orientada, por exemplo, quando a sonda 22 estiver no fundo do tambor 14, de modo que sua posição circunferencial seja de $\theta = 180^\circ$, a contribuição normal $P_{n,g}$ da gravidade será zero.

[0031] A Figura 3 mostra uma relação exemplificativa entre a contribuição normal $P_{n,g}$ da gravidade exercida sobre a sonda como uma função da posição circunferencial θ da sonda 22 no tambor 14, Como pode ser visto, a contribuição normal $P_{n,g}(\theta)$ da gravidade exercida sobre a sonda 22 durante a rotação varia como:

$$[0032] \quad P_{n,g}(\theta) = - K_{mg} \sin \theta \quad (1)$$

[0033] em que K_{mg} é uma constante que depende do peso da sonda, isto é, da massa m da sonda e da aceleração gravitacional g da terra, e θ é a posição circunferencial da sonda. Devido à mudança na orientação e na convenção de sinais, o valor de pressão medido pela sonda é negativo na posição circunferencial de 90° e positivo na posição circunferencial oposta de 270° .

[0034] Em algumas modalidades, a constante K_{mg} e a contribuição normal correspondente $P_{n,g}(\theta)$ da gravidade de uma determinada sonda 22 em um determinado tambor 14 podem ser obtidas com a medição dos valores de pressão $P_{n,g}$ à medida que o tambor 14 gira sobre as posições circunferenciais θ quando o tambor 14 estiver vazio (por exemplo, cheio de ar). Tais dados podem ser registrados e armazenados para uso posterior como dados de calibração para a

determinada sonda 22 e o determinado tambor 14. Por exemplo, a contribuição normal $P_{n,g}(\theta)$ de gravidade pode ser subtraída das medições de pressão bruta da sonda para obter os valores de pressão "compensados por peso" (WC) $P_{n,WC}$; Quando os valores de pressão forem assim compensados por peso, a sonda 22 poderá medir os valores de pressão de 0 com uma dada precisão quando a sonda 22 estiver em um tambor vazio. Pelo fato de a sonda poder se desgastar com o tempo e seu peso e superfície poderem ser reduzidos, é possível ajustar a compensação de peso para considerar o desgaste da sonda 22 ao longo do tempo.

[0035] Em algumas outras modalidades, a sonda 22 será configurada para compensar seu próprio peso, quando movida circunferencialmente, à medida que o tambor 14 gira. Conseqüentemente, quando o tambor 14 estiver vazio, os valores de pressão medidos por tal sonda serão constantes sobre a pluralidade de posições circunferenciais θ . Nestas modalidades, a relação entre a contribuição normal da gravidade exercida sobre a sonda como uma função da posição circunferencial da sonda seria zero ou próxima a zero para todas as posições circunferenciais θ . Nestes casos, a constante K_{mg} e a contribuição normal de gravidade podem ser assim ignoradas, e as medições de pressão bruta da sonda podem ser também consideradas valores de pressão "compensados por peso" $P_{n,WC}$.

[0036] A flutuabilidade depende da densidade D do concreto fresco deslocado pela sonda 22 e de um volume V da sonda 22, e atua sobre a sonda 22 ao longo da vertical 20. Conseqüentemente, a contribuição normal $P_{n,b}$ da flutuabilidade exercida sobre a sonda 22 varia com sua posição circunferencial θ . Por exemplo, quando a sonda 22 for horizontalmente orientada, por exemplo, quando a sonda 22 estiver na posição circunferencial $\theta = 90^\circ$ ou $\theta = 270^\circ$, a contribuição normal $P_{n,b}$

da fluutuabilidade será ou máxima ou mínima. Em contraste, quando a sonda 22 for verticalmente orientada, isto é, quando a sonda 22 estiver na posição circunferencial $\theta = 180^\circ$, a contribuição normal $P_{n,b}$ da fluutuabilidade será zero. Como pode ser entendido, visto que a sonda 22 pode ter um volume elevado e a densidade do concreto fresco pode ser alta, a contribuição normal $P_{n,b}$ da fluutuabilidade da sonda poderá ser significativa, especialmente quando os valores de pressão medidos pela sonda 22 forem compensados por peso.

[0037] A Figura 4 mostra uma relação exemplificativa entre a contribuição normal $P_{n,b}$ da fluutuabilidade exercida sobre a sonda 22 como uma função de sua posição circunferencial θ , quando a sonda 22 estiver submersa na água (apresentando uma densidade conhecida de 1 g/cm^3), quando o peso da sonda 22 tiver sido compensado, como descrito acima. Como pode ser visto, a contribuição normal θ da fluutuabilidade exercida sobre a sonda 22 varia como:

$$[0038] \quad P_{n,b}(\theta) = K_V D \sin \theta, \quad (2)$$

[0039] em que K_V é uma constante que depende de um volume V da sonda 22, D é a densidade do fluido deslocado, isto é, o concreto fresco neste exemplo, e θ é a posição circunferencial da sonda 22. A Equação (2) assume que não há qualquer restrição devido à existência de qualquer tensão de escoamento.

[0040] A constante K_V associada a uma determinada sonda pode ser determinada durante uma etapa de calibração na qual a sonda 22 é movida dentro de um tambor 14 cheio com um fluido apresentando uma densidade conhecida e durante a qual os valores de pressão compensados por peso $P_{n,b}(\theta)$ são medidos pela sonda, tal como aquela mostrada na Figura 4. Neste exemplo, a constante K_V pode ser determinada com a computação de $K_V = P_{n,b}(\theta_i)/(D_{\text{water}} \sin \theta_i)$ em que θ_i é qualquer posição circunferencial da sonda 22. Visto que a constante K_V é associada à construção da sonda 22, e não ao fluido

no qual a sonda está submersa, a constante K_V permanecerá a mesma, não obstante o tipo de fluido em que a sonda 22 está submersa.

[0041] A resistência exercida sobre a sonda 22 pelo concreto fresco 12 atua sobre a sonda 22 em uma orientação normal. Conseqüentemente, a contribuição normal $P_{n,r}$ da resistência exercida sobre a sonda 22 pelo concreto fresco 12 é constante para todas as posições circunferenciais θ quando a sonda 22 for movida no concreto fresco 12 em uma determinada velocidade de rotação (por exemplo, v_1 , v_2). Por exemplo, durante uma rotação do tambor 14, a resistência consideravelmente aumenta à medida que a sonda 22 entra no concreto fresco 12, é constante durante sua passagem no concreto fresco 12, e então consideravelmente diminui à medida que a sonda 22 sai do concreto fresco 12.

[0042] A Figura 5 mostra uma relação exemplificativa entre a contribuição normal $P_{n,r}$ da resistência exercida sobre a sonda 22 pelo concreto fresco 12 como uma função de sua posição circunferencial θ , quando a sonda 22 estiver submersa no concreto fresco 12 e quando sem a contribuição normal $P_{n,g}$ de gravidade e a contribuição normal $P_{n,b}$ de fluabilidade. Como pode ser visto, a contribuição normal $P_{n,r}$ da resistência exercida sobre a sonda 22 pelo concreto fresco 12 varia como:

$$[0043] \quad P_{n,r}(\theta) = K_R \text{ para } \theta_{in} < \theta < \theta_{out}, \text{ e} \quad (3)$$

$$[0044] \quad P_{n,r}(\theta) = 0 \text{ para } \theta < \theta_{in} \text{ e } \theta > \theta_{out}, \quad (4)$$

[0045] em que K_R é uma constante indicativa da resistência normal exercida sobre a sonda 22 pelo concreto fresco 12 quando a sonda 22 for movida dentro do concreto fresco 12 em uma determinada velocidade de rotação v , θ_{in} é a posição circunferencial na qual a sonda 22 entra no concreto fresco 12 e θ_{out} é a posição circunferencial na qual a sonda 12 sai do concreto fresco 12. A

constante K_R depende da velocidade de rotação v do tambor 14 e de uma trabalhabilidade do concreto fresco 12. Como pode ser entendido, θ_{in} e θ_{out} dependem da quantidade de concreto fresco 12 dentro do tambor.

[0046] Teoricamente, a sonda 22 pode medir valores de pressão bruta $P_{n,raw}(\theta)$ que são indicativos das contribuições normais de gravidade, fluvariabilidade e resistência, como segue:

$$[0047] \quad P_{n,raw}(\theta) = P_{n,g}(\theta) + P_{n,b}(\theta) + P_{n,r}(\theta). \quad (5)$$

[0048] A Figura 6 mostra uma relação exemplificativa entre as contribuições normais de fluvariabilidade e de resistência como uma função da posição circunferencial θ quando a sonda estiver submersa no concreto fresco 12, sem a contribuição normal $P_{n,g}$ de gravidade. Como pode ser visto, tais valores de pressão compensados por peso $P_{n,wc}(\theta)$ são conferidos por:

$$[0049] \quad P_{n,wc}(\theta) = P_{n,raw}(\theta) - P_{n,g}(\theta) \\ [0050] \quad = P_{n,b}(\theta) + P_{n,r}(\theta). \quad (6)$$

[0051] Descobriu-se que a diferença entre os valores de pressão tomados em duas posições circunferenciais diferentes θ é proporcional ao valor de densidade D do concreto fresco 12.

[0052] A Figura 7 mostra um exemplo de uma relação exemplificativa entre as contribuições normais $P_{n,wc}(\theta)$ de fluvariabilidade e de resistência como uma função de sua posição circunferencial quando a sonda estiver submersa em concreto fresco, sem a contribuição normal de gravidade. Uma diferença entre os dados teóricos traçados na Figura 6 e os dados experimentais traçados na Figura 7 é a de que os valores de pressão medidos quando a sonda 22 estiver nas proximidades do fundo do tambor, isto é, perto da posição circunferencial $\theta = 180^\circ$, apresentam algumas discrepâncias 30 do que seria teoricamente esperado. Estas discrepâncias 30 podem se originar de certo movimento do concreto

fresco 12 ao longo do eixo de rotação 18 do tambor 14 devido à ação da lâmina de mistura que reduz a pressão sobre a sonda 22.

[0053] Exemplo 1 - Determinação da densidade do concreto fresco usando valores de pressão compensados por peso.

[0054] Por exemplo, em um exemplo, um primeiro valor de pressão compensado por peso $P_{n,wc}(\theta_1)$ será medido quando a sonda 22 estiver em uma primeira posição circunferencial θ_1 e um segundo valor de pressão compensado por peso $P_{n,wc}(\theta)$ será medido quando a sonda 22 estiver em uma segunda posição circunferencial θ_2 , como mostrado na Figura 6.

[0055] Agora, usando a equação (6) acima, pode-se obter:

$$[0056] \quad P_{n,wc}(\theta_1) - P_{n,wc}(\theta_2) = (P_{n,b}(\theta_1) + P_{n,r}(\theta_1)) - (P_{n,b}(\theta_2) + P_{n,r}(\theta_2)),$$

[0057] ou, equivalentemente,

$$[0058] \quad P_{n,wc}(\theta_1) - P_{n,wc}(\theta_2) = (P_{n,b}(\theta_1) - P_{n,b}(\theta_2)) + (P_{n,r}(\theta_1) - P_{n,r}(\theta_2)).$$

[0059] Como pode ser entendido a partir da Figura 5 e da equação (3), a quantidade $P_{n,r}(\theta_1) - P_{n,r}(\theta_2)$ é igual a 0 porque $P_{n,r}(\theta_1) = P_{n,r}(\theta_2) = K_R$, que sai, usa a equação (2),

$$[0060] \quad P_{n,wc}(\theta_1) - P_{n,wc}(\theta_2) = K_v D (\sin \theta_1 - \sin \theta_2). \quad (7)$$

[0061] A partir da equação (7), pode-se determinar que o valor da densidade D do concreto fresco 12 é conferido por:

$$[0062] \quad D = (P_{n,wc}(\theta_1) - P_{n,wc}(\theta_2)) / (K_v(\sin \theta_1 - \sin \theta_2)) \quad (8)$$

[0063] No exemplo mostrado na Figura 6, a primeira posição circunferencial θ_1 é de 90° e a segunda posição circunferencial θ_2 é de 270° . Conseqüentemente, o fator trigonométrico $(\sin \theta_1 - \sin \theta_2)$ corresponde a 2 e o valor de densidade corresponde à diferença $(P_{n,wc}(\theta_1) - P_{n,wc}(\theta_2))$ que é compensada por um fator trigonométrico correspondendo a $2 K_v$. Como mencionado acima, a constante K_v

depende do volume V da sonda 22, e pode ser conhecida para uma determinada sonda 22, de modo a permitir a determinação do valor de densidade D do concreto fresco 12.

[0064] Nota-se que, em algumas modalidades, o fator trigonométrico ($\sin \theta_1 - \sin \theta_2$) pode corresponder a 1. Por exemplo, poderá ocorrer quando a primeira posição circunferencial θ_1 for de 90° e a segunda posição circunferencial θ_2 for de 180° . Em tais modalidades, o valor de densidade D é determinado principalmente com base na constante K_V e na diferença ($P_{n,wc}(\theta_1) - P_{n,wc}(\theta_2)$), sem considerar o fator trigonométrico. Certamente, mesmo se a diferença ($P_{n,wc}(\theta_1) - P_{n,wc}(\theta_2)$) fosse compensada pelo fator trigonométrico 1, não teria qualquer consequência sobre o valor de densidade determinado, visto que a multiplicação/divisão por 1 seria inconsequente. O valor de densidade D pode ser assim determinado sem necessariamente compensar a diferença ($P_{n,wc}(\theta_1) - P_{n,wc}(\theta_2)$) com o fator trigonométrico.

[0065] Exemplo 2 - Determinação do valor de densidade D do concreto fresco usando valores de pressão bruta (valores de pressão que não são compensados por peso).

[0066] Em outro exemplo, um primeiro valor de pressão $P_{n,raw}(\theta_1)$ será medido quando a sonda 22 estiver em uma primeira posição circunferencial θ_1 e um segundo valor de pressão $P_{n,raw}(\theta_2)$ for medido quando a sonda 22 estiver em uma segunda posição circunferencial θ_2 .

[0067] Usando a equação (5) acima, pode-se obter:

$$[0068] \quad P_{n,raw}(\theta_1) - P_{n,raw}(\theta_2) = P_{n,g}(\theta_1) + P_{n,b}(\theta_1) + P_{n,r}(\theta_1) - P_{n,g}(\theta_2) - P_{n,b}(\theta_2) - P_{n,r}(\theta_2),$$

[0069] ou, equivalentemente,

$$[0070] \quad P_{n,raw}(\theta_1) - P_{n,raw}(\theta_2) = (P_{n,g}(\theta_1) - P_{n,g}(\theta_2)) + (P_{n,b}(\theta_1) - P_{n,b}(\theta_2)) + (P_{n,r}(\theta_1) - P_{n,r}(\theta_2)).$$

[0071] Como pode ser entendido a partir da Figura 5 e da equação (3), a quantidade $P_{n,r}(\theta_1) - P_{n,r}(\theta_2)$ é igual a 0 porque $P_{n,r}(\theta_1) = P_{n,r}(\theta_2) = K_R$, que sai, usa as equações (1) e (2):

$$[0072] \quad P_{n,raw}(\theta_1) - P_{n,raw}(\theta_2) = (K_V D - K_{mg})(\sin \theta_1 - \sin \theta_2). \quad (9)$$

[0073] A partir da equação (9), pode-se determinar que o valor de densidade D do concreto fresco 12 é conferido por:

$$[0074] \quad D = (P_{n,raw}(\theta_1) - P_{n,raw}(\theta_2)) / (K_V(\sin \theta_1 - \sin \theta_2)) + K_{mg}/K_V \quad (10)$$

[0075] Em um caso em que a primeira posição circunferencial θ_1 é de 90° e a segunda posição circunferencial θ_2 é de 270° , o fator trigonométrico $(\sin \theta_1 - \sin \theta_2)$ produz 2 e o valor de densidade corresponde à diferença $(P_{n,wc}(\theta_1) - P_{n,wc}(\theta_2))$ que é compensada por um fator trigonométrico que corresponde a $2K_V$ mais um valor constante com base nas constantes K_{mg} e K_V . Como mencionado acima, a constante K_V depende do volume V da sonda 12 ao passo que a constante K_{mg} depende da massa m da sonda 22 e da aceleração gravitacional g sobre a terra, que são todas constantes para uma determinada sonda 22, e permite a determinação do valor de densidade D do concreto fresco 12.

[0076] Como pode ser entendido a partir dos exemplos de determinar o valor de densidade D do concreto fresco 12 acima descrito, o valor de densidade D do concreto fresco 12 é determinado com base no volume V da sonda 22 e em uma diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão que são compensados por um fator trigonométrico que corresponde a uma diferença entre o seno da primeira posição circunferencial e o seno da segunda posição circunferencial. Esse fator trigonométrico pode ser igual a $(\sin \theta_1 - \sin \theta_2)$ ou a qualquer outro fator trigonometricamente equivalente adequado.

[0077] Como alguns valores de pressão medidos quando a sonda

22 estiver nas proximidades do fundo do tambor 14 poderão apresentar algumas discrepâncias, por exemplo, discrepâncias 20 mostradas na Figura 7, a partir de expectativas teóricas, é geralmente preferido impedir o uso de valores de pressão medidos quando a sonda 22 estiver no fundo do tambor 14 na determinação do valor de densidade D do concreto fresco 12. Em outras palavras, nenhuma das primeira e segunda posições circunferenciais corresponde ao fundo do tambor 14, por exemplo, $\theta = 180^\circ$ no exemplo mostrado.

[0078] Como pode ser entendido, visto que o valor de densidade D do concreto fresco 12 é proporcional à diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão, aumentar a diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão poderá, por sua vez, aumentar a precisão com a qual o valor de densidade D é determinado.

[0079] Consequentemente, em algumas modalidades, a primeira posição circunferencial θ_1 é escolhida para ficar em um lado do tambor com relação à vertical 20 e a segunda posição circunferencial θ_2 em um outro lado do tambor com relação à vertical 20. Por exemplo, a primeira posição circunferencial θ_1 pode ficar entre 90° e 180° , ao passo que a segunda posição circunferencial θ_2 pode ficar entre 180° e 270° .

[0080] Nestas modalidades, a primeira posição circunferencial θ_1 é escolhida de modo a ser oposta à segunda posição circunferencial θ_2 com relação à vertical 20. Por exemplo, a primeira posição circunferencial θ_1 é de 90° e a segunda posição circunferencial θ_2 é de 270° . A primeira posição circunferencial θ_1 pode ser de $112,5^\circ$ e a segunda posição circunferencial θ_2 é de $247,5^\circ$ em outro exemplo.

[0081] A Figura 8 mostra um exemplo de uma seção do tambor 14, de acordo com outra modalidade. Como representado, o tambor 14 é dividido em uma pluralidade de faixas circunferenciais virtuais 32. Mais

especificamente, neste exemplo, o tambor 14 é dividido em oito diferentes faixas circunferenciais circunferencialmente espaçadas que se estendem no hemisfério inferior do tambor 14. Como mostrado, a posição circunferencial da primeira faixa circunferencial se estende entre 90° e $112,5^\circ$; a posição circunferencial da segunda faixa circunferencial se estende entre $112,5^\circ$ e 135° ; a posição circunferencial da terceira faixa circunferencial se estende entre 135° e $157,5^\circ$; a posição circunferencial da quarta faixa circunferencial se estende entre $157,5^\circ$ e 180° ; a posição circunferencial da quinta faixa circunferencial se estende entre 180° e $202,5^\circ$; a posição circunferencial da sexta faixa circunferencial se estende entre $202,5^\circ$ e 225° ; a posição circunferencial da sétima faixa circunferencial se estende entre 225° e $247,5^\circ$; e a posição circunferencial da oitava faixa circunferencial se estende entre $247,5^\circ$ e 270° .

[0082] A Figura 9 mostra um exemplo de valores de pressão experimentais compensados por peso $P_{n,WC}(\theta)$ medidos pela sonda 22 durante uma rotação do tambor 14. Como pode ser visto, os valores de pressão associados com as porções circunferenciais de cada uma das faixas circunferenciais 32 podem ser calculados para produzir valores de pressão médios P_{avg} em cada das faixas circunferenciais 32.

[0083] Consequentemente, em uma modalidade, o primeiro valor de pressão com o qual o valor de densidade D do concreto fresco 12 é determinado corresponde a uma média dos valores de pressão medidos quando a sonda 22 tiver sido movida em uma das faixas circunferenciais, por exemplo, a primeira faixa circunferencial.

[0084] Em outra modalidade, o segundo valor de pressão com o qual o valor de densidade D do concreto fresco 12 é determinado corresponde a uma média dos valores de pressão medidos quando a sonda 22 tiver sido movida em outra das faixas circunferenciais, por

exemplo, a segunda, a terceira ou a oitava faixa circunferencial.

[0085] Ademais, quanto mais afastadas as duas faixas circunferenciais estiverem umas das outras, mais preciso poderá ser o valor de densidade D determinado. Por exemplo, à medida que o nível do concreto fresco 12 no tambor 14 progressivamente diminui, a densidade D do concreto fresco 12 poderá ser determinada usando os primeiro e segundo valores de pressão medidos correspondentemente de forma progressiva mais perto do fundo do tambor 14. Como pode ser entendido, as quarta e quinta faixas circunferenciais podem ser ignoradas.

[0086] Descobriu-se que a diferença entre os primeiro e segundo valores de pressão é geralmente constante, não obstante a velocidade de rotação v do tambor 14. Por exemplo, como mostrado na Figura 4, uma contribuição normal $P_{n,b}(\theta, v_1)$ da flutuabilidade em uma primeira velocidade de rotação v_1 difere de uma contribuição normal $P_{n,b}(\theta, v_2)$ da flutuabilidade na segunda velocidade de rotação v_2 por uma constante K_1 . Mais especificamente, $P_{n,b}(\theta, v_2) = P_{n,b}(\theta, v_1) + K_1$.

[0087] Similarmente, como mostrado na Figura 5, uma contribuição normal $P_{n,r}(\theta, v_1)$ da resistência exercida sobre a sonda pelo concreto quando a sonda for movida na primeira velocidade de rotação v_1 no concreto fresco 12 difere de uma contribuição normal $P_{n,r}(\theta, v_2)$ da resistência exercida sobre a sonda 22 pelo concreto fresco 12 quando a sonda 22 for movida na segunda velocidade de rotação v_2 no concreto fresco por uma constante L_2 para as posições circunferenciais entre θ_{in} e θ_{out} . Mais especificamente, $P_{n,r}(\theta, v_2) = P_{n,r}(\theta, v_1) + K_2$. Quando girada em uma baixa velocidade de rotação, por exemplo, a primeira velocidade de rotação v_1 , será possível negligenciar efeito da viscosidade da água. Os valores de pressão medidos quando o tambor 14 girar na segunda velocidade de rotação v_2 serão alterados devido ao efeito de viscosidade.

[0088] Consequentemente, como mostrado na Figura 6, os valores de pressão compensados por peso $P_{n,wc}(\theta,v1)$ medidos pela sonda 22, quando movida na primeira velocidade de rotação $v1$ no concreto fresco 12, diferem dos valores de pressão compensados por peso $P_{n,wc}(\theta,v2)$ medidos pela sonda quando movida na segunda velocidade de rotação $v2$ no concreto fresco 12 por uma constante $K3$. Mais especificamente, $P_{n,wc}(\theta,v2) = P_{n,wc}(\theta,v1) + K3$.

[0089] Consequentemente, como mostrado por todas as Figuras 4-7, em algumas modalidades, a diferença entre um primeiro valor de pressão quando a sonda 22 estiver em uma primeira posição circunferencial $\theta1$ e um segundo valor de pressão medido quando a sonda 22 estiver em uma segunda posição circunferencial $\theta2$, durante uma rotação do tambor 14 na primeira velocidade de rotação $v1$, é similar à diferença entre um primeiro valor de pressão medido quando a sonda 22 estiver em uma primeira posição circunferencial $\theta1$ e um segundo valor de pressão medido quando a sonda 22 estiver em uma segunda posição circunferencial $\theta2$ durante uma rotação do tambor 14 na segunda velocidade de rotação. Certamente, descobriu-se que a diferença $(P_{n,WC}(\theta1,v1) - P_{n,WC}(\theta2,v1))$ deve ser similar à diferença $(P_{n,WC}(\theta1,v2) - P_{n,WC}(\theta2,v2))$ para um determinado tipo de concreto fresco.

[0090] Assim, o valor de densidade D do concreto fresco 12 pode ser determinado ou com base nos valores de pressão medidos à medida que a sonda 22 se move na primeira velocidade de rotação $v1$ ou com base nos valores de pressão medidos à medida que a sonda 22 se move na segunda velocidade de rotação $v2$. Em outra modalidade, é previsto que o valor de densidade D do concreto fresco 12 possa ser determinado com base em um primeiro valor de pressão medido quando a sonda 22 estiver em uma primeira posição circunferencial $\theta1$ durante uma rotação do motor 14 na primeira

velocidade de rotação v_1 e em um segundo valor de pressão medido quando a sonda 22 estiver em uma segunda posição circunferencial θ_2 durante uma rotação do motor 14 na segunda velocidade de rotação v_2 , visto que qualquer das constantes K_1 , K_2 e K_3 acima são conhecidas. Pode-se então calibrar a sonda 22 com base em uma variação conhecida das velocidades de rotação. Isto é, os primeiro e segundo valores de pressão não precisam ser medidos em uma mesma velocidade de rotação.

[0091] A Figura 10 mostra um exemplo de um gráfico que mostra a média dos primeiro e segundo valores de pressão, como medida, quando a sonda estiver nas primeira e segunda posições circunferenciais θ_1 e θ_2 durante a rotação em diferentes velocidades de rotação do tambor como função das diferentes velocidades de rotação do tambor. Como mostrado, propriedades do concreto fresco 12 podem ser determinadas a partir do gráfico da Figura 10. Mais especificamente, a viscosidade μ do concreto fresco 12 pode ser determinada com o cálculo de uma inclinação da relação linear resultante 34. Além disso, um rendimento τ_0 do concreto fresco 12 pode ser determinado extrapolando o valor de pressão em uma velocidade de rotação zero.

[0092] Nota-se que o uso de valores de pressão tirados longe do fundo do tambor pode produzir medições de propriedade reológica mais precisas do que as medições que usam os valores de pressão tirados nas proximidades do tambor porque pode não ser interrompido pelo nível do concreto fresco no tambor.

[0093] Como pode ser entendido, os exemplos descritos acima e ilustrados se destinam a ser exemplificativos apenas. Por exemplo, o fator trigonométrico que é usado para compensar a diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão pode corresponder à diferença entre o seno da primeira posição

circunferencial e o seno da segunda posição circunferencial em algumas modalidades, ao passo que o fator trigonométrico pode alternativamente corresponder à diferença entre o coseno da primeira posição circunferencial e o coseno da segunda posição circunferencial em algumas outras modalidades. O seno/coseno é determinado com base em como as posições circunferenciais são definidas com relação à circunferência do tambor. O escopo é indicado pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para determinar a densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira usando uma sonda, o tambor apresentando um eixo de rotação que é pelo menos parcialmente orientado horizontalmente, a sonda sendo montada dentro do tambor, se estendendo em uma orientação radial do tambor e sendo movida circunferencialmente à medida que o tambor gira, e sobre a qual uma pressão normal será aplicada pela resistência devido ao movimento da sonda no concreto fresco por meio da rotação do tambor e uma contribuição de pressão normal será aplicada pela fluutuabilidade devido ao volume da sonda quando a sonda estiver submersa no concreto fresco, o método sendo caracterizado pelo fato de compreender:

receber um primeiro valor de pressão de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco em uma primeira posição circunferencial do tambor durante a rotação do tambor;

receber um segundo valor de pressão de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco em uma segunda posição circunferencial durante a rotação do tambor, a primeira posição circunferencial sendo diferente da segunda posição circunferencial; e

determinar um valor de densidade do concreto fresco com base no volume da sonda e em uma diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão;

em que a primeira posição circunferencial fica em um lado do tambor com relação à vertical e a segunda posição circunferencial no outro lado do tambor com relação à vertical,

em que a etapa de determinar inclui usar um fator trigonométrico que corresponde à diferença entre o seno da primeira posição circunferencial e o seno da segunda posição circunferencial, e

em que nenhuma das primeira e segunda posições circunferenciais do tambor corresponde ao fundo do tambor.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a dita realização de uma compensação incluir compensar uma diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão pelo fator trigonométrico.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a primeira posição circunferencial variar entre 90° e 135° e a segunda posição circunferencial variar entre 225° e 270° , como medido a partir do topo do tambor.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a primeira posição circunferencial ser oposta à segunda posição circunferencial com relação à vertical.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a pressão normal ser aplicada também por um peso da sonda que atua sobre a sonda, o primeiro valor de pressão tendo sido compensado por uma contribuição normal do peso da sonda na primeira posição circunferencial e o segundo valor de pressão tendo sido compensado por uma contribuição normal do peso da sonda na segunda posição circunferencial.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o dito recebimento do primeiro valor de pressão incluir receber um primeiro conjunto de valores de pressão correspondente de um primeiro conjunto de posições circunferenciais de uma determinada faixa circunferencial, em que o primeiro valor de pressão é uma média dos valores de pressão do primeiro conjunto e a primeira posição circunferencial é uma média das posições circunferenciais do primeiro conjunto dentro da determinada faixa circunferencial.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de o dito recebimento do segundo valor de pressão incluir

receber um segundo conjunto de valores de pressão correspondente de um segundo conjunto de posições circunferenciais de uma determinada faixa circunferencial, em que o segundo valor de pressão é uma média dos valores de pressão do segundo conjunto e a segunda posição circunferencial é uma média das posições circunferenciais do segundo conjunto dentro da determinada faixa circunferencial.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de os primeiro e segundo valores de pressão serem medidos durante a rotação do tambor em uma primeira velocidade de rotação.

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

receber um terceiro valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco na primeira posição circunferencial do tambor durante a rotação do tambor em uma segunda velocidade de rotação diferente da primeira velocidade de rotação;

receber um quarto valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco na segunda posição circunferencial durante a rotação do tambor na segunda velocidade de rotação; e

determinar pelo menos uma propriedade reológica do concreto fresco com base no primeiro valor de pressão, no segundo valor de pressão, no terceiro valor de pressão e no quarto valor de pressão, na primeira velocidade de rotação e na segunda velocidade de rotação.

10. Sistema para determinar a densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira, o tambor apresentando um eixo de rotação que é pelo menos parcialmente orientado horizontalmente, o sistema sendo caracterizado pelo fato de

compreender:

uma sonda montada dentro do tambor, se estendendo em uma orientação radial do tambor e sendo movida circunferencialmente à medida que o tambor gira, e sobre a qual uma pressão normal será aplicada pela resistência devido ao movimento da sonda no concreto fresco por meio da rotação do tambor e uma contribuição de pressão normal será aplicada pela flutuabilidade devido a um volume da sonda quando a sonda estiver submersa no concreto fresco; e

um dispositivo de computação comunicativamente acoplado com a sonda, o dispositivo de computação sendo configurado para executar as etapas de:

receber um primeiro valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco em uma primeira posição circunferencial do tambor durante a rotação do tambor;

receber um segundo valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco em uma segunda posição circunferencial durante a rotação do tambor, a primeira posição circunferencial sendo diferente da segunda posição circunferencial; e

determinar um valor de densidade do concreto fresco com base no volume da sonda e em uma diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão; e

uma interface de usuário comunicativamente acoplada com o dispositivo de computação, a interface de usuário sendo configurada para exibir o valor de densidade do concreto fresco;

em que a primeira posição circunferencial fica em um lado do tambor com relação à vertical e a segunda posição circunferencial no outro lado do tambor com relação à vertical,

em que a etapa de determinar inclui usar um fator

trigonométrico que corresponde a uma diferença entre o seno da primeira posição circunferencial e o seno da segunda posição circunferencial, e em que nenhuma das primeira e segunda posições circunferenciais do tambor corresponde ao fundo do tambor.

11. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de a sonda ser configurada para compensar um peso da sonda que atua sobre a sonda quando movida circunferencialmente à medida que o tambor gira.

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de a dita realização de uma compensação incluir compensar uma diferença entre o primeiro valor de pressão e o segundo valor de pressão pelo fator trigonométrico.

13. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de a primeira posição circunferencial ser oposta à segunda posição circunferencial com relação à vertical.

14. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de a pressão normal ser aplicada também por um peso da sonda que atua sobre a sonda, o primeiro valor de pressão tendo sido compensado por uma contribuição normal do peso da sonda na primeira posição circunferencial e o segundo valor de pressão tendo sido compensado por uma contribuição normal do peso da sonda na segunda posição circunferencial.

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de o dito recebimento o primeiro valor de pressão incluir receber um primeiro conjunto de valores de pressão dos correspondentes de um primeiro conjunto de posições circunferenciais de uma determinada faixa circunferencial, em que o primeiro valor de pressão é uma média dos valores de pressão do primeiro conjunto e a primeira posição circunferencial é uma média das posições circunferenciais do primeiro conjunto dentro da

determinada faixa circunferencial.

16. Sistema, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de o dito recebimento do segundo valor de pressão incluir receber um segundo conjunto de valores de pressão dos correspondentes de um segundo conjunto de posições circunferenciais de uma determinada faixa circunferencial, em que o segundo valor de pressão é uma média dos valores de pressão do segundo conjunto e a segunda posição circunferencial é uma média das posições circunferenciais do segundo conjunto dentro da determinada faixa circunferencial.

17. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de os primeiro e segundo valores de pressão serem medidos durante a rotação do tambor em uma primeira velocidade de rotação.

18. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

receber um terceiro valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco na primeira posição circunferencial do tambor durante a rotação do tambor em uma segunda velocidade de rotação diferente da primeira velocidade de rotação;

receber um quarto valor de pressão indicativo de uma pressão normal exercida sobre a sonda pelo concreto fresco na segunda posição circunferencial durante a rotação do tambor na segunda velocidade de rotação; e

determinar pelo menos uma propriedade reológica do concreto fresco com base no primeiro valor de pressão, no segundo valor de pressão, no terceiro valor de pressão, e no quarto valor de pressão, na primeira velocidade de rotação e na segunda velocidade de rotação.

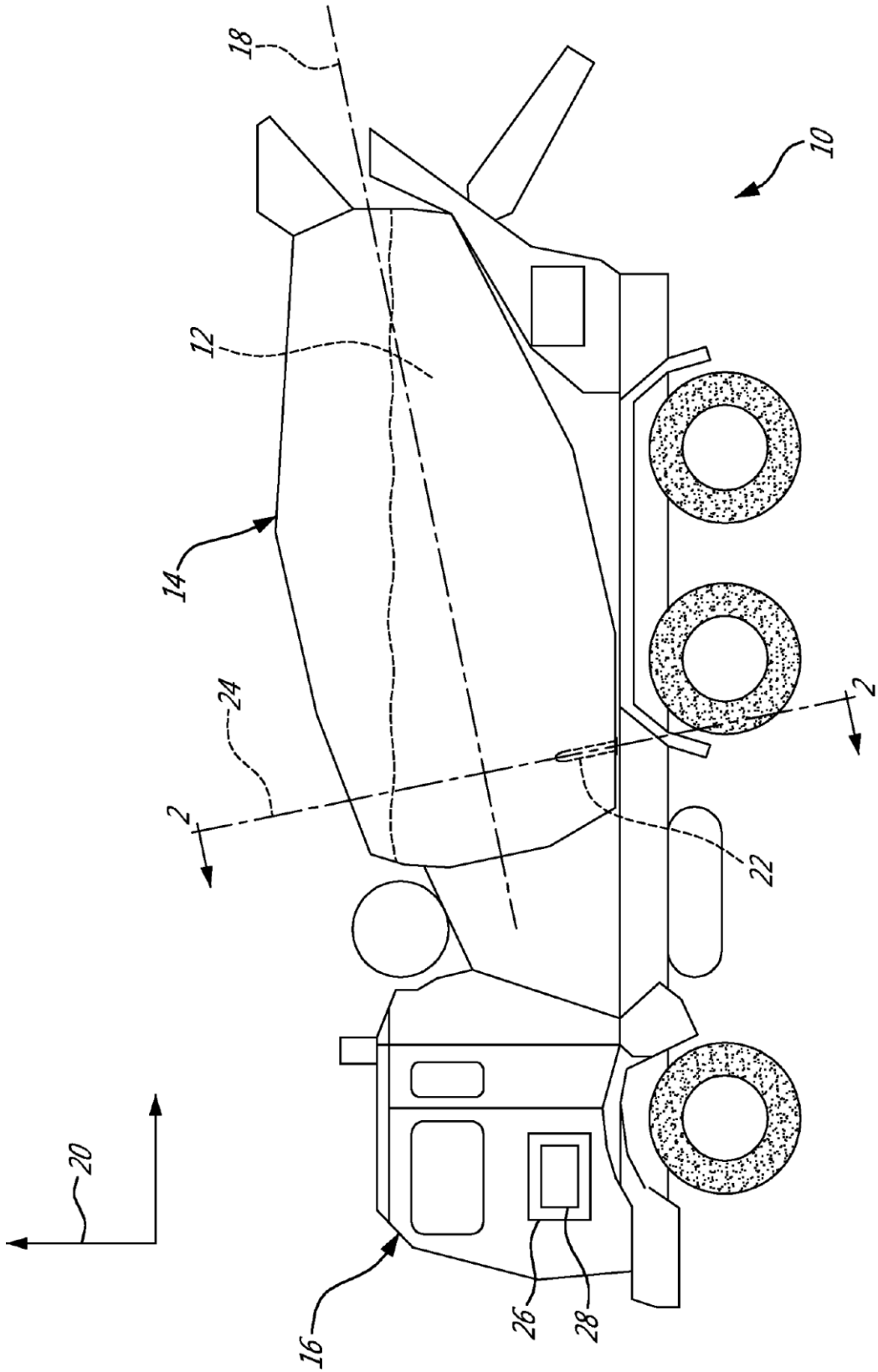
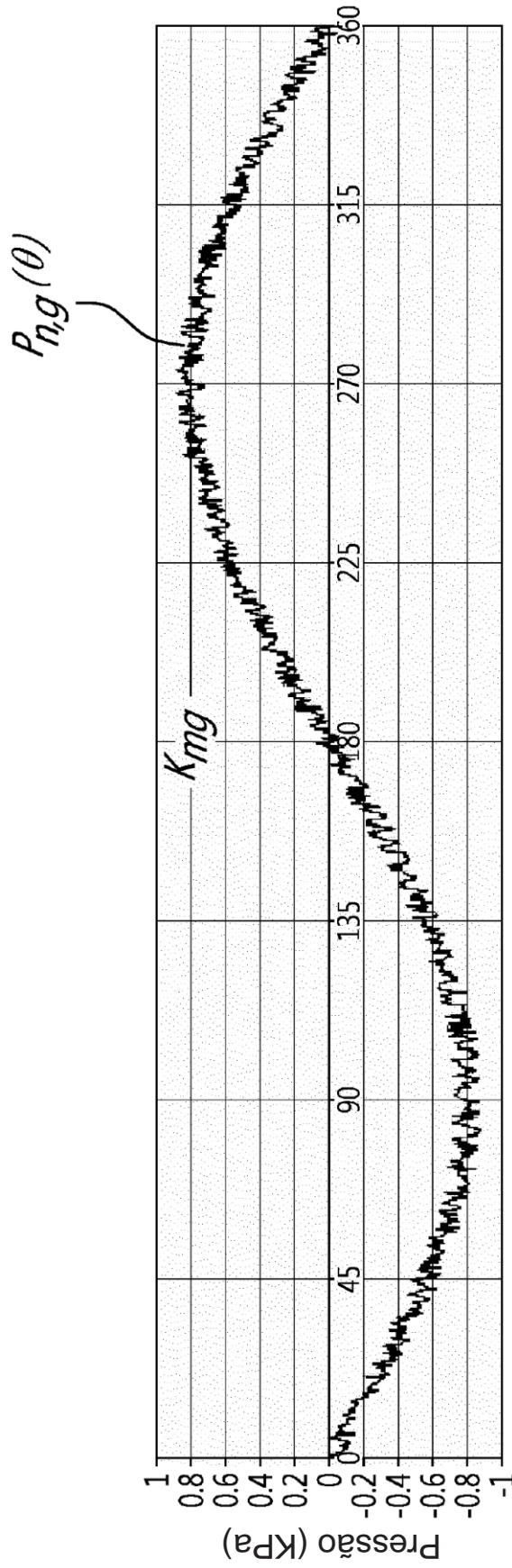
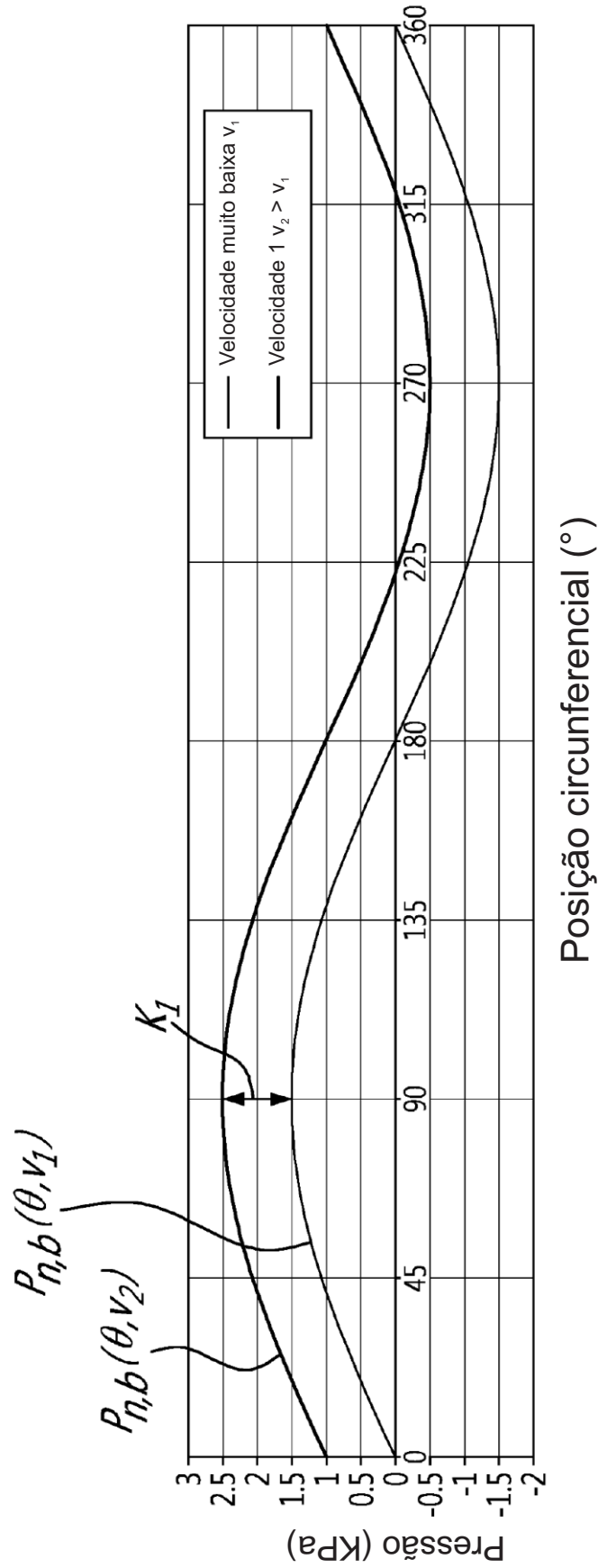


FIG. 1



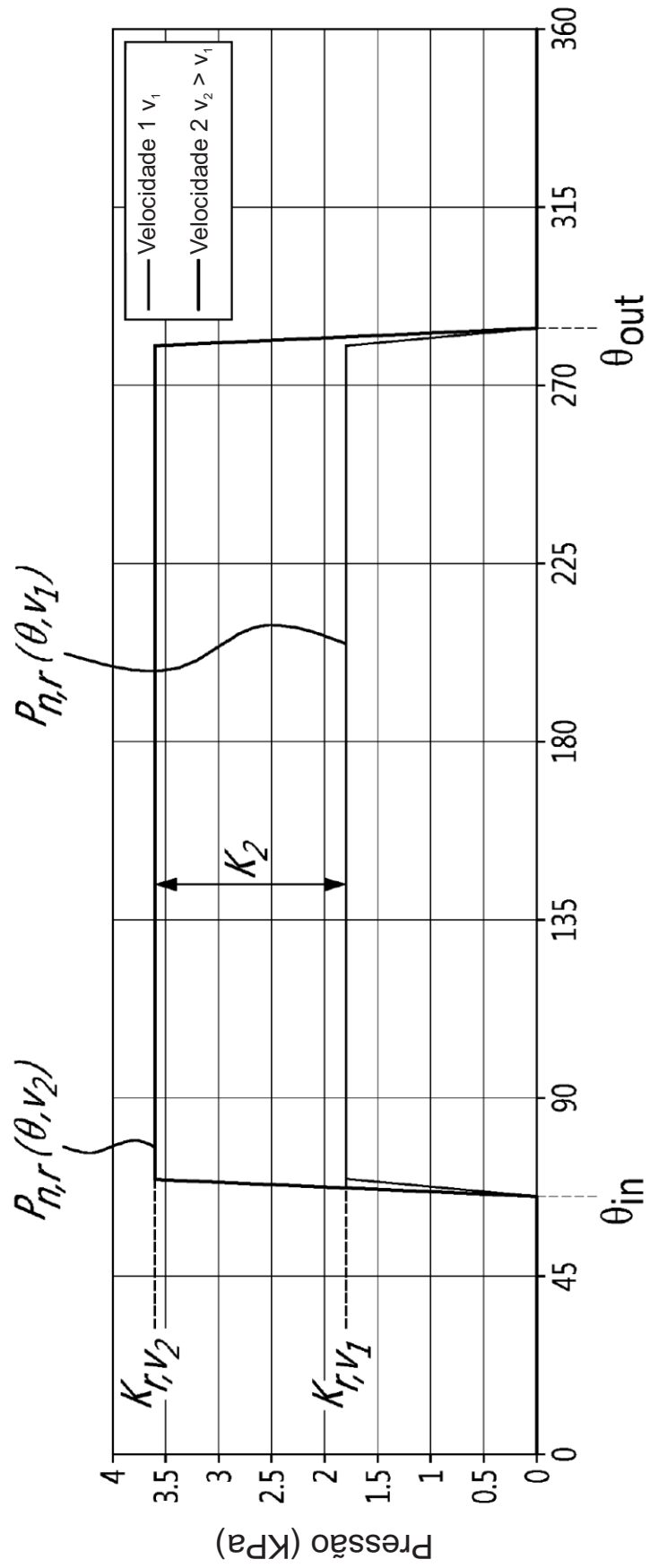
Posição circunferencial (°)

FIG. 3



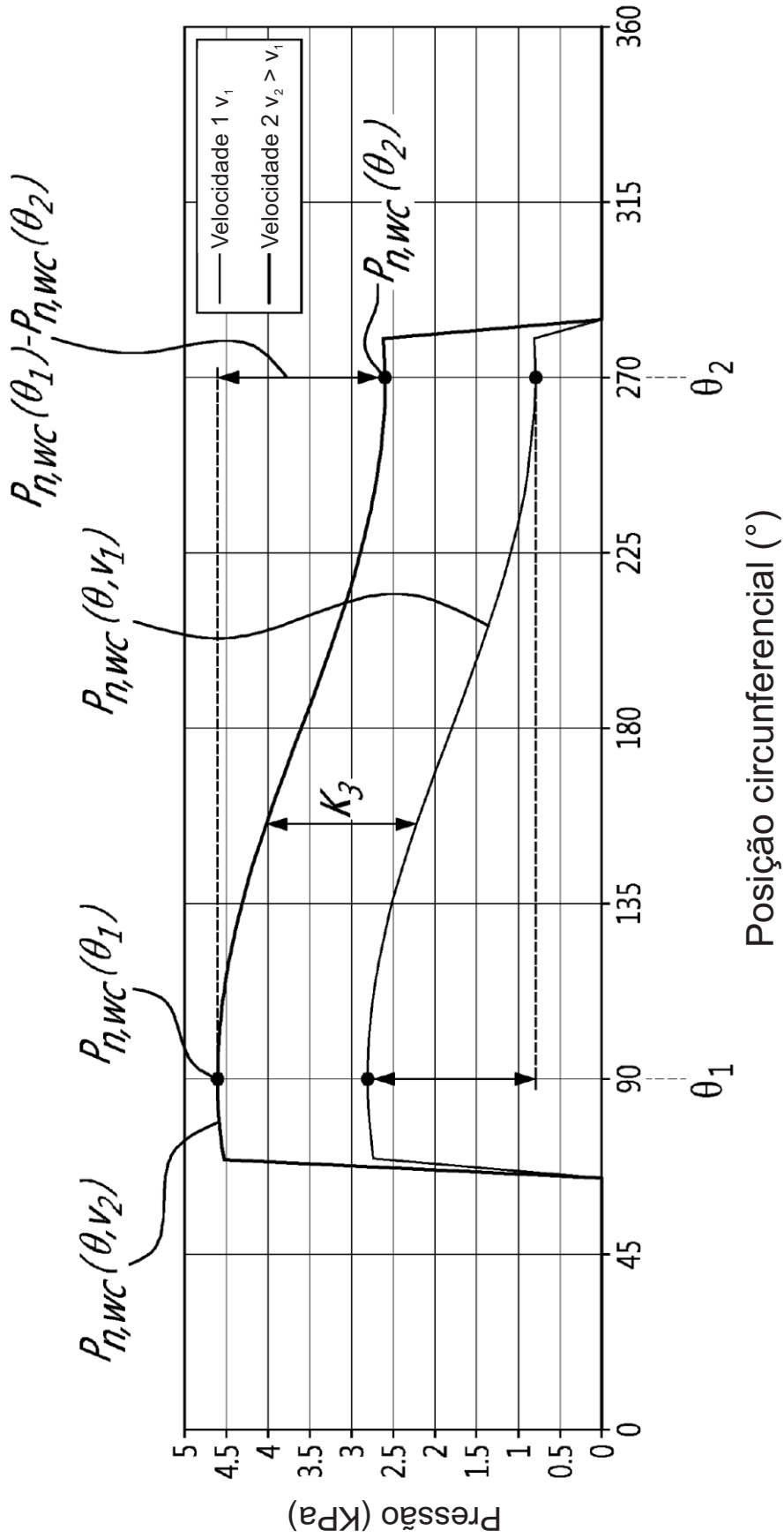
Posição circunferencial (°)

Fig. 4

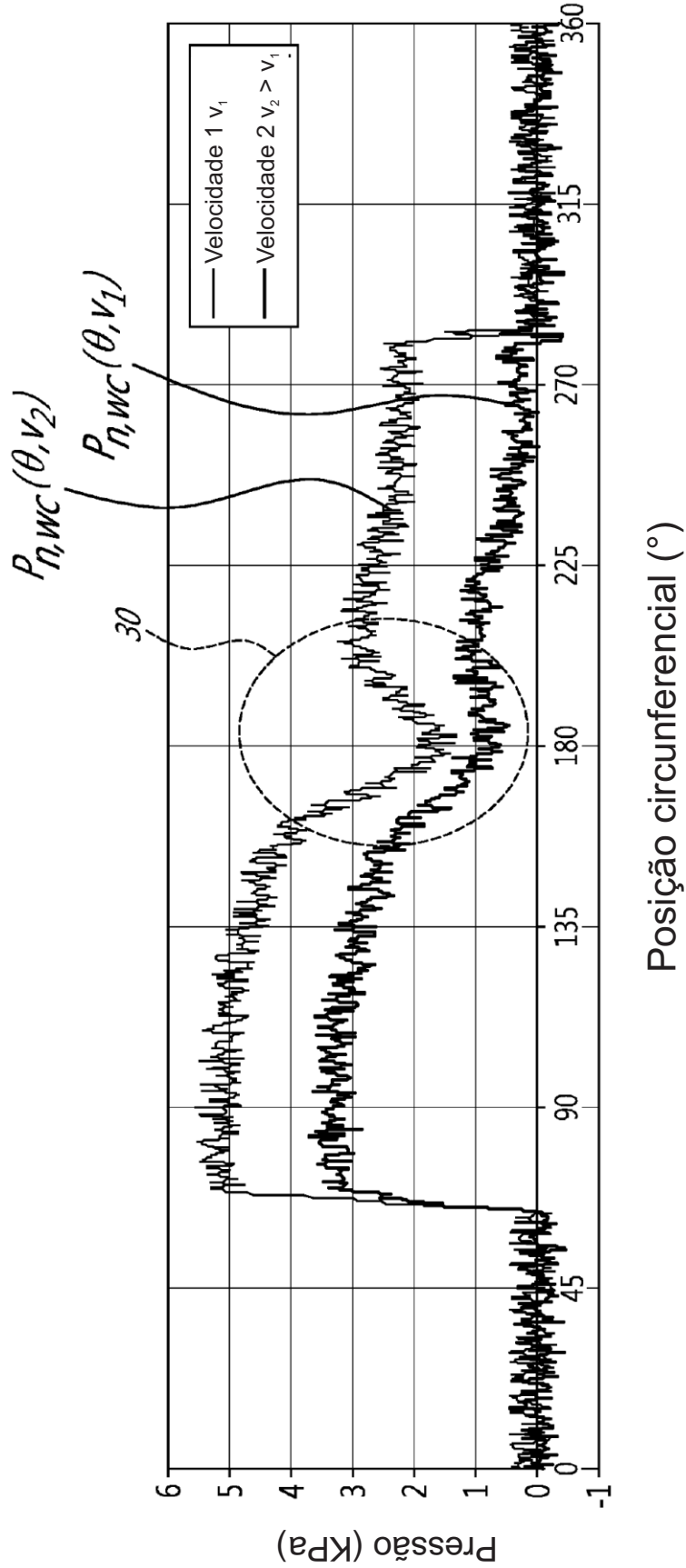


Posição circunferencial (°)

FEES - 5



FEST



FE-7

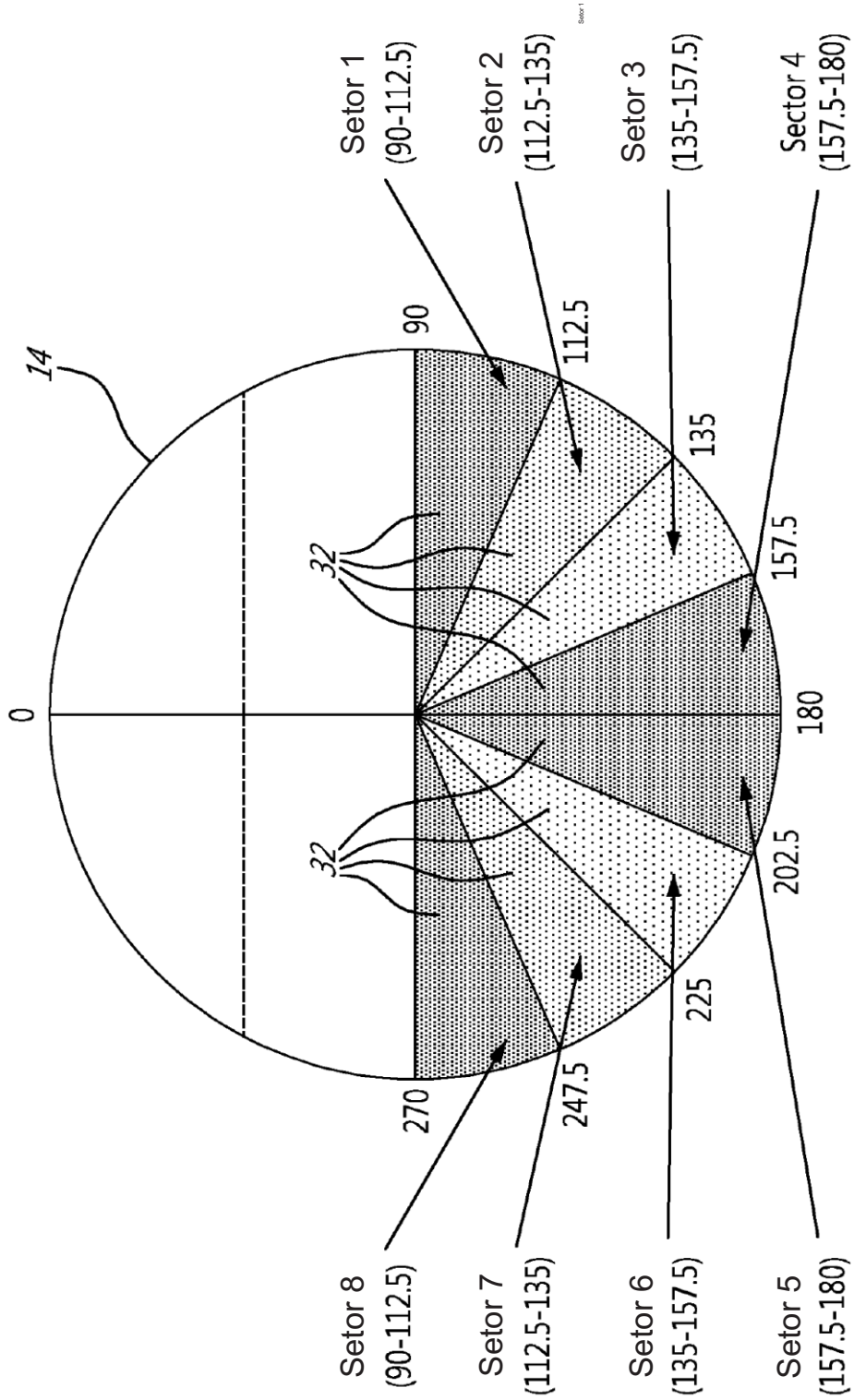
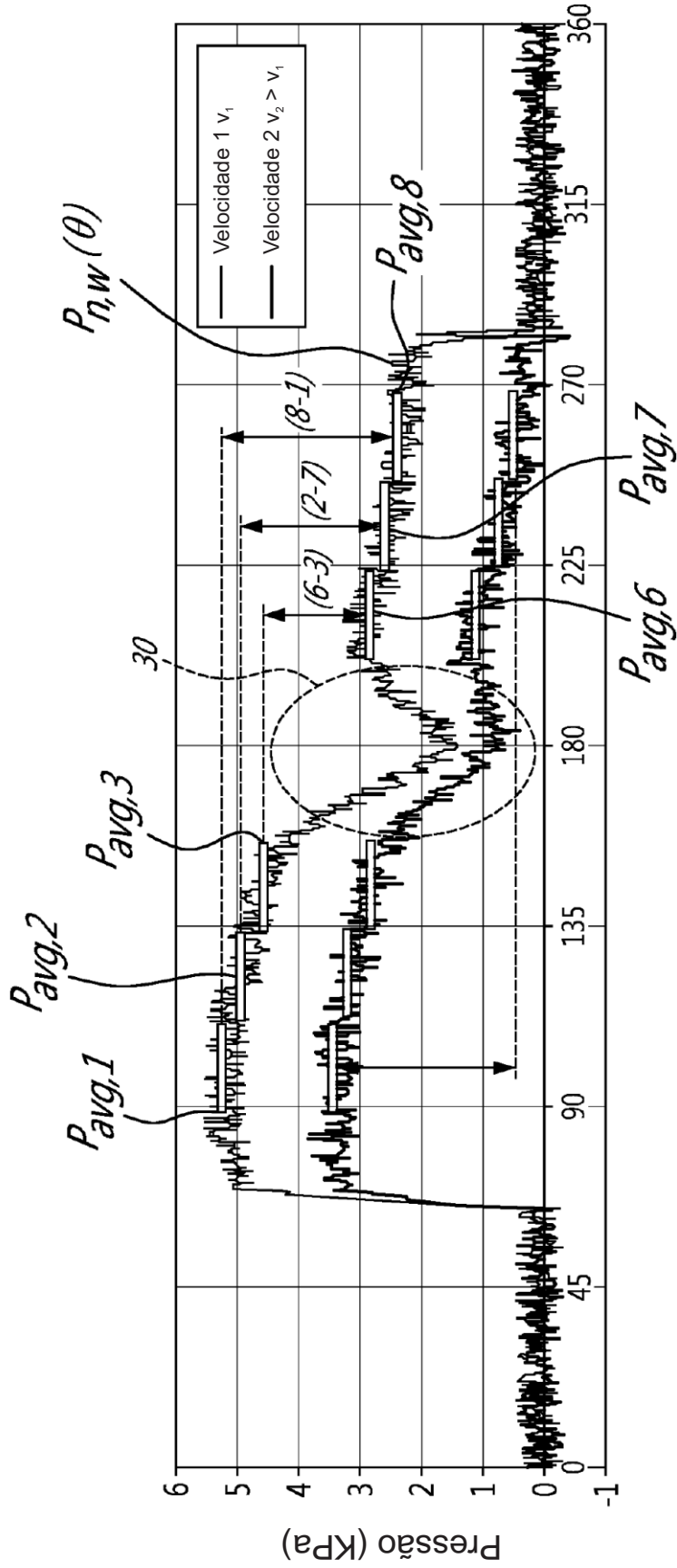
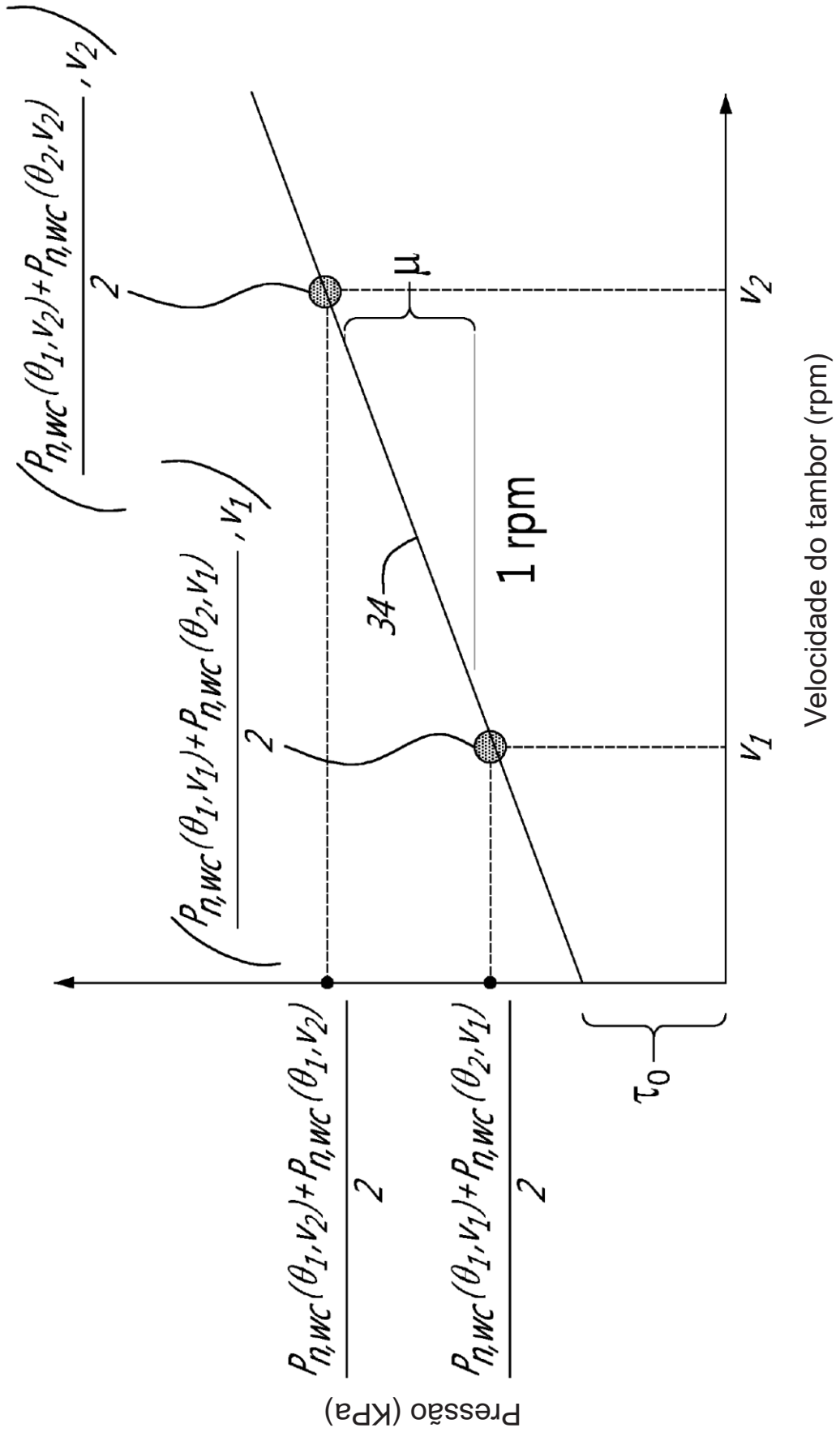


FIG. 8



Posição circunferencial (°)





FIS - 10

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO E SISTEMA PARA MEDIR A DENSIDADE DE CONCRETO FRESCO"**.

A presente invenção refere-se a um método para determinar a densidade de concreto fresco dentro de um tambor de um caminhão betoneira, que envolve uma sonda montada dentro do tambor, se estendendo em uma orientação radial do tambor e sendo movida circunferencialmente à medida que o tambor gira. O método apresenta: receber o primeiro e o segundo valores de pressão indicativos das pressões normais exercidas sobre a sonda pelo concreto fresco nas primeira e segunda posições circunferenciais correspondentes e diferentes do tambor durante a rotação do tambor; e determinar um valor de densidade do concreto fresco com base no volume da sonda e em uma diferença entre o primeiro e o segundo valores de pressão.