

PRODUÇÃO DE TUBOS

Pedro Jorge Chama Neto

1 INTRODUÇÃO

Muitos fatores têm contribuído para o sucesso da indústria de tubos de concreto. Como fatores que merecem destaque, podemos citar a possibilidade do uso de materiais e mão-de-obra, disponíveis nas proximidades das plantas de produção, gerando trabalho e impostos nas localidades onde estão instaladas as fábricas.

Até a metade do século passado os tubos eram habitualmente produzidos no local da obra, usando-se moldes fixos, sem vibração e compactação e com adensamento manual. Em função destes fatos e devido as condições de clima, tais como, correntes de ar, excesso de sol e chuvas, a qualidade dos tubos era deficiente.

A partir dos anos sessenta, do século passado, foram introduzidos equipamentos de produção por vibro-compactação e compressão radial, geralmente produzidos na Itália, Alemanha e Dinamarca. Nesta época em função das grandes necessidades por infra-estrutura o objetivo da produção era puramente quantitativo e as instalações em geral empregavam um grande número de mão-de-obra. Nas décadas seguintes a produção de tubos passou progressivamente a ser realizada em instalações industriais com alto grau de automatização (ATHA, 2000).

Atualmente as fábricas de tubos, principalmente aquelas que produzem tubos de concreto para esgoto sanitário, se caracterizam por elevado grau de especialização de seus processos; alta flexibilidade na produção; processos de dosagem, produção e cura totalmente integrados e automatizados; disponibilidade de moldes para a fabricação dos mais variados diâmetros e instalações para controle de qualidade da matéria prima e produto acabado.

2 DOSAGEM

O processo de fabricação de tubos de concreto se inicia com a adequada seleção dos materiais a serem utilizados e ensaios de laboratório para a caracterização dos mesmos. Os materiais devem ser armazenados separados e preferencialmente em locais cobertos, de maneira que os mesmos não fiquem expostos a chuvas. Posteriormente estes materiais devem ser depositados nos silos das centrais de concreto, de onde serão transportados para dosagem, mistura e produção do concreto.

A dosagem do concreto é um procedimento para a determinação das quantidades dos materiais presentes em um metro cúbico de concreto. A dosagem pode ser representada pelo traço, denominação dada às quantidades relativas a 1 kg de cimento e obtida dividindo-se as quantidades dos componentes em massa ou em volume (traço em massa ou traço em volume) para um metro cúbico de concreto.

No estabelecimento do traço deve-se levar em conta que o concreto para a produção dos tubos é um concreto de reologia seca, ou seja, com consistência de terra úmida e não um concreto plástico; neste último, praticamente a pasta (cimento + água) ocupa todos os espaços deixados pelos agregados, enquanto no concreto para tubos existe a presença de ar em volume significativo na mistura. Isto faz com que o concreto para tubos não siga o princípio, consagrado para o concreto plástico, de que é preciso menos água para aumentar a resistência.

A resistência à compressão é de fundamental importância nos tubos de concreto, não só devido à necessidade óbvia de cumprirem sua função resistente, mas também em consequência de que a durabilidade, a absorção de água e a impermeabilidade da parede estarão intimamente ligadas a esta propriedade. Estes diversos aspectos são influenciados por diferentes tipos de equipamentos e métodos de adensamento.

Os concretos de reologia seca, como é o caso do concreto utilizado na produção dos tubos de concreto, exigem um processo de adensamento enérgico (vibro-prensagem) para sua moldagem, com o objetivo de reduzir o índice de vazios e conseqüentemente o valor do índice de absorção de água, bem como, proporcionar o contato íntimo da água com o cimento, condição essencial para as reações de endurecimento da massa.

Diferentemente dos concretos plásticos, os concretos de reologia seca utilizados em tubos, não podem ser totalmente produzidos em laboratório, devido a inexistência de equipamentos que reproduzam a energia de adensamento proporcionada pelas máquinas de vibro-prensagem. Assim, as dosagens podem ser iniciadas em laboratório e posteriormente concluídas na máquina, através da moldagem de séries de traços, para obtenção de resultados e posterior ajustes e correções, antes de se definir o traço e passar a produção dos tubos.

2.1 Conceitos e princípios fundamentais

2.1.1 Dosagem e traço

Traço é a forma de expressarem-se as quantidades de cimento, eventualmente adições e aditivos, agregados e água que compõem um concreto. O traço é um conjunto de doses dos materiais constituintes do concreto, expressas em massa ou volume, relativamente à quantidade de cimento, ou em valores absolutos.

Dosagem é o ato de estabelecer as doses de materiais, cujo conjunto perfaz o traço do concreto capaz de atender a determinados pré-requisitos.

A notação literal do traço genérico em massa será:

1 : a : p : x (cimento : areia : pedra : água)

onde:

a = teor agregado miúdo / cimento

p = teor agregado graúdo / cimento

x = relação água / cimento

À relação agregados graúdos + agregados miúdos / cimento dá-se a designação m, sendo:

m = a + p

É útil ainda a definição de traço seco, como o traço sem exprimir a quantidade de água, ou seja:

traço seco = 1 : m = 1 : a : p

2.1.2 Proporção de argamassa

Considera-se que a proporção de argamassa "ALFA" praticamente determina o aspecto superficial do concreto (textura). Para manter uma dada textura, pode-se manter constante a proporção "ALFA", variando-se o teor agregado / cimento, sendo:

ALFA = (1 + a) / (1 + a + p) = (1 + a) / (1 + m)

2.1.3 Umidade do concreto fresco ou teor água / materiais secos (H)

Concretos de mesma proporção de argamassa, mas com teores agregado / cimento diferentes apresentam aproximadamente a mesma consistência quando se mantém constante o teor água materiais secos (H), definido por:

H = x / (1 + m) = x / (1 + a + p)

2.1.4 Massa unitária do concreto fresco

Para cada traço seco de concreto a compacidade da mistura fresca é função do equipamento, do procedimento de moldagem e do teor água / materiais secos. Existe, para cada traço, equipamento e procedimento de moldagem, um teor água / materiais secos ótimo (H_{ot}) que corresponde à massa unitária máxima que pode ser obtida nessas condições. Normalmente, à máxima massa unitária corresponderá a máxima resistência mecânica.

2.1.5 Resistência à compressão

Para uma dada idade e para um dado traço seco do concreto, a massa unitária é determinante da resistência à compressão. Trabalhando com concretos de diferentes consumos de cimento, com a precaução de que todos estejam nos respectivos teores água / materiais secos ótimos, podemos traçar uma curva semelhante à de Abrams relacionando a resistência à compressão com a relação água / cimento para efeitos práticos, conforme figuras 6.1 e 6.2.

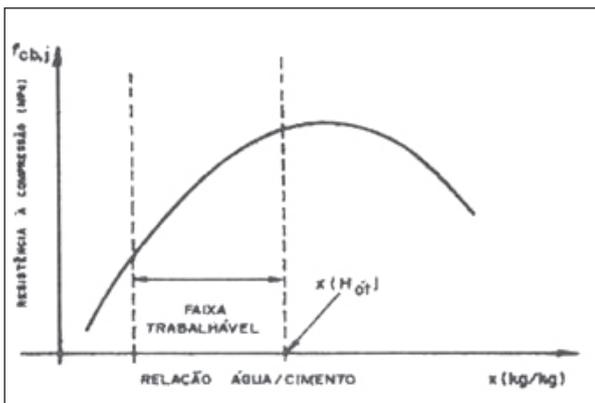


FIGURA 6.1 - Estabelecimento de relação água / cimento correspondente a H_{ot} de um determinado traço seco

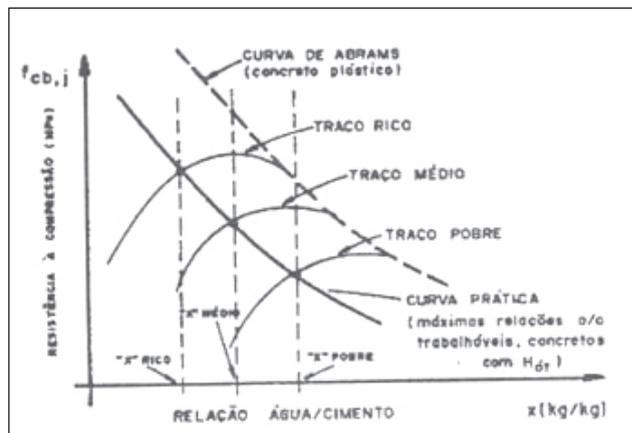


FIGURA 6.2 - Traçado da curva prática da resistência à compressão em função da relação a / c "x"

3 PROCESSOS DE PRODUÇÃO

3.1 Equipamentos de Vibrocompressão



Os equipamentos de vibrocompressão, geralmente instalados em fossos abaixo do nível do piso para reduzir ruídos, se alimentam do concreto geralmente procedente de correias transportadoras, situadas sobre a máquina para enchimento dos moldes, conforme apresentado na figura 6.3.

FIGURA 6.3 - Lançamento do concreto para a fabricação dos tubos

Enquanto se enche o molde, o concreto lançado para fabricação do tubo sofre processo de vibração, e após o enchimento total, além do processo de vibração, o tubo passa por um processo de compressão e compactação, através de anel giratório acionado por prensa hidráulica, conforme apresentado nas figuras 6.4 e 6.5.



FIGURA 6.4 - Vista do enchimento do molde para fabricação do tubo



FIGURA 6.5 - Procedimento de compactação na fabricação do tubo

A vibração realizada por vibrador central é interna e de alta frequência e geralmente se regula a amplitude da frequência, de acordo com o diâmetro e comprimento do tubo a ser fabricado. Os moldes requeridos por estas máquinas devem ter resistência e rigidez suficiente para suportar sem deformações os esforços de compressão, vibração e torção oriundos do processo de fabricação.

Normalmente estes equipamentos produzem tubos com diâmetros variando de 300 a 3000 mm e de comprimentos de 1000 mm até 2500 mm. Algumas vantagens deste tipo de equipamento são, a alta compactação do concreto devido à excelente vibração, espessuras de parede uniformes e superfícies internas perfeitamente lisas.

Dentre as desvantagens podemos citar o extremo cuidado que deve ser tomado durante a fabricação para se obter tubos de mesmo comprimento e cuidados durante o transporte do tubo para desforma, de maneira a se evitar deformações das peças.



FIGURA 6.6 - Equipamentos de vibrocompressão



FIGURA 6.7 - Equipamento de vibrocompressão

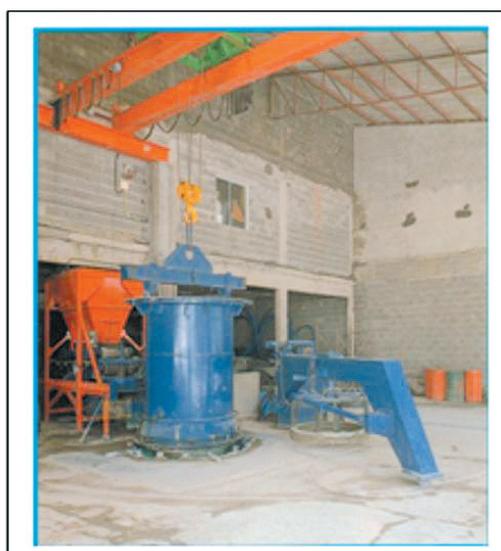


FIGURA 6.8 - Equipamento de vibrocompressão

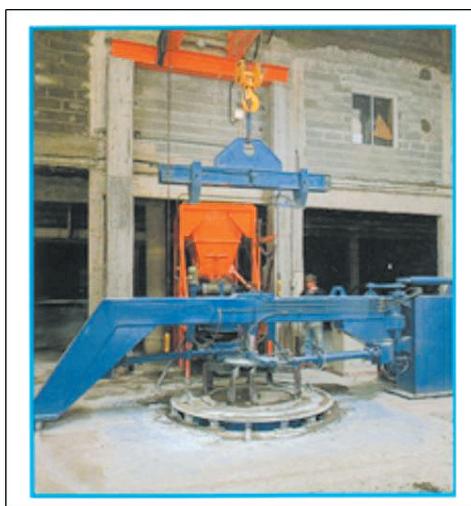
Com o objetivo de ilustrar e facilitar o entendimento do processo produtivo, através da utilização dos equipamentos de vibrocompressão, apresentamos na figura 6.9 a seqüência estabelecida durante a fabricação dos tubos.



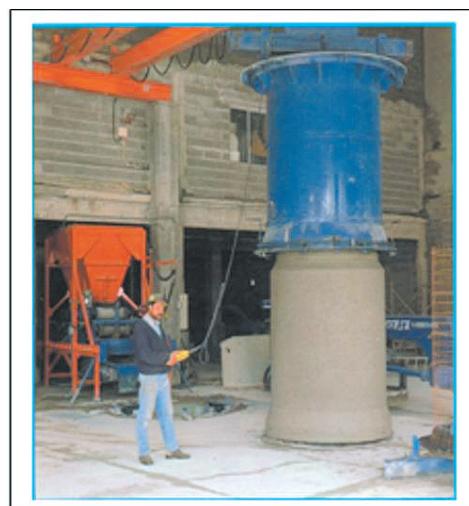
1 - molde externo sendo acoplado na armadura



2 - descida do molde externo para acoplamento no molde interno



3 - Processo de compactação do tubo



4 - Retirada do molde externo do tubo

FIGURA 6.9 – Equipamentos de vibrocompressão - Seqüência na produção de tubos

Para a instalação dos equipamentos apresentados na figura 6.6, 6.7 e 6.8 se faz necessário a execução de infra-estrutura adequada, conforme apresentado respectivamente nas figuras 6.10 e 6.11.

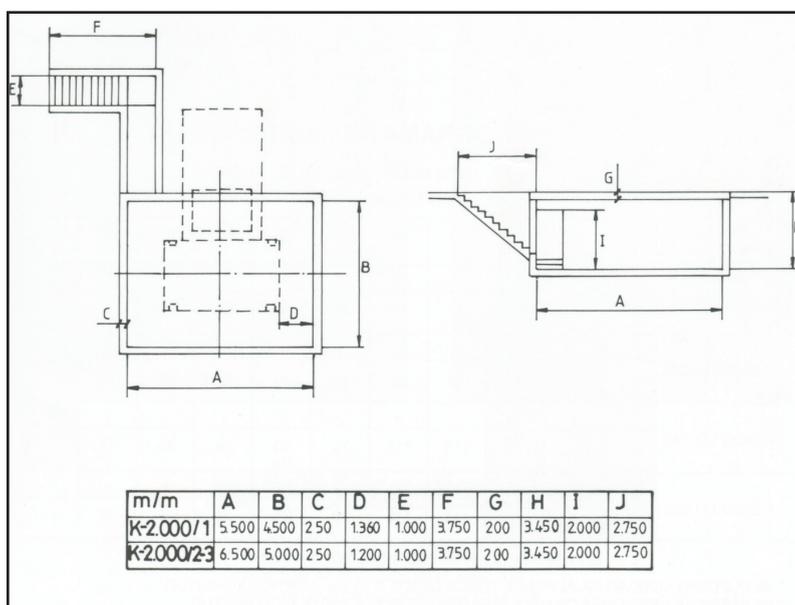
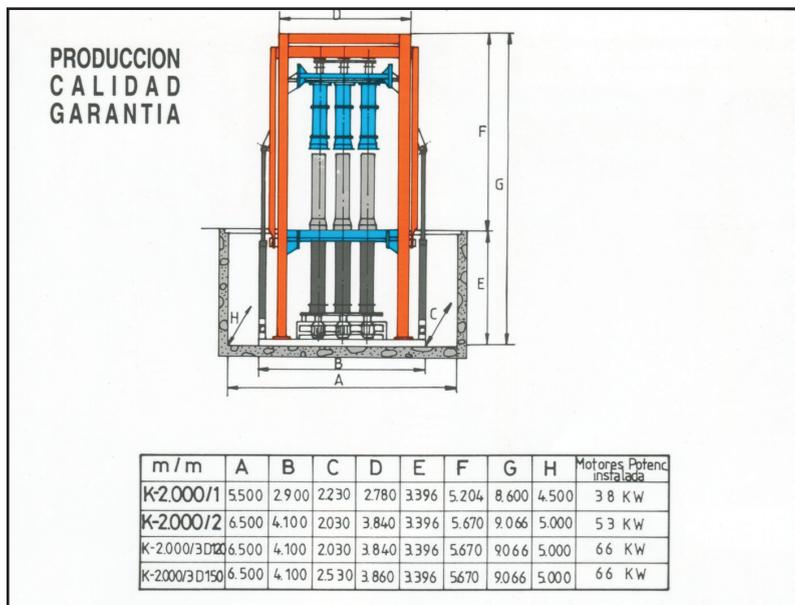


FIGURA 6.10 - Sugestão de Infra-estrutura para montagem dos equipamentos

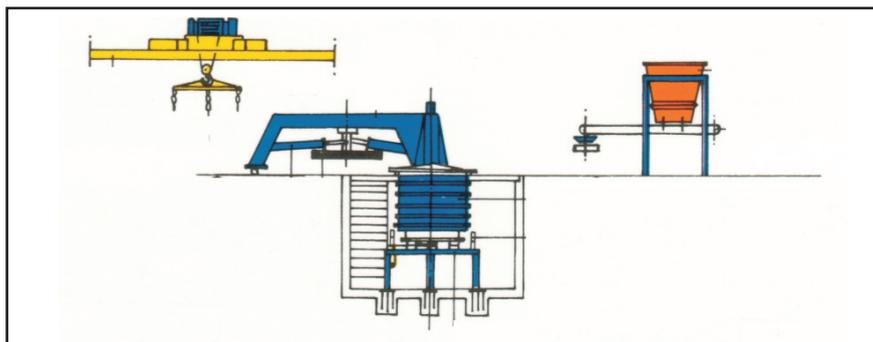


FIGURA 6.11 - Sugestão de Infra-estrutura para montagem dos equipamentos

3.1.1 Detalhes técnicos e comerciais dos equipamentos de vibrocompressão

Os modelos automáticos de equipamentos apresentados acima, podem fabricar tubos para águas pluviais e esgoto sanitário, com diâmetro variando de 300 a 1500 mm e comprimento de 2000 mm a 2500 mm. Conforme o modelo do equipamento o mesmo pode produzir simultaneamente de 1 a 3 tubos, utilizando-se mão-de-obra de apenas 1 operador.

Para os equipamentos semi-automáticos, destinados à fabricação de tubos para águas pluviais e esgoto sanitário, com diâmetro variando de 300 a 3000 mm e comprimento de 2000 mm a 2500 mm, a produção é estimada conforme tabela 6.1, e utilizando-se mão de obra de 2 operadores, incluindo o operador da ponte rolante.

TABELA 6.1 – Produção de tubos em metros por hora

Ø TUBO	30	40	50	60	80	100	120	140	150	180	200	250	300
K - 2500/D - 200	25	25	22	20	18	16	14	12	12	10	12	---	---
K - 2500/D - 300	25	25	22	20	18	16	14	12	12	10	10	6	4

3.2 Equipamentos de compressão radial

As prensas de compressão radial ou prensas radiais possuem um molde exterior e um eixo rotatório hidráulico, dotado de um sistema com roletes que executam um movimento de rotação em alta velocidade, comprimindo o concreto que foi lançado na máquina contra o molde exterior, produzindo o tubo, conforme apresentado nas figuras 6.12 e 6.13.

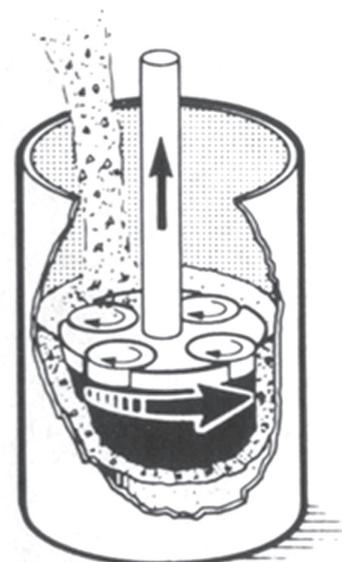


FIGURA 6.12 - Sistema de roletes para compressão do concreto.



FIGURA 6.13 - Equipamento de compressão radial

As prensas radiais também incorporam um sistema eletrônico que controlam a alimentação de concreto e a velocidade de ascensão do eixo rotatório utilizado na produção dos tubos. Por outro lado produzem normalmente tubos de diâmetros variando de 200 a 600 mm e comprimentos de 1000 e 1500 mm.

Como vantagens deste tipo de equipamento podemos citar: a alta flexibilidade e rapidez na produção, produção de tubos com comprimentos constantes e tipo de molde que impede que aconteçam deformações do tubo durante o transporte para desforma. Como desvantagens podemos citar: possibilidade maior de deslocamento das armaduras durante o processo de produção e maior cuidado a ser tomado no processo de produção devido a uma maior complexidade do sistema.



FIGURA 6.14 - Equipamento de compressão radial

3.2.1 Detalhes técnicos e comerciais do equipamento de compressão radial

Equipamento para fabricação de tubos de concreto simples e armado pelo processo de compressão radial, para águas pluviais, respectivamente nos diâmetros de 200 a 600 mm para tubos simples e 400 a 600 mm para tubos armados, nos comprimentos de 1000 mm e 1500 mm. O equipamento é dotado de um dispositivo giratório automático para fazer o acabamento e regulagem de velocidade para fabricação do tubo. Os cabeçotes compressores são compostos de roletes de aço e êmbolos segmentados. Os roletes são fabricados de aço especial, tratado termicamente e projetados para resistir aos esforços de compressão radial e abrasão do concreto. Os êmbolos são fabricados em segmentos de ferro fundido, facilmente intercambiáveis, devido ao desgaste natural durante a fabricação dos tubos.

Este equipamento tem uma produção para 8 horas de trabalho/dia, estimada conforme tabela 6.2, utilizando-se mão-de-obra de 5 pessoas, sendo 1 operador, 2 para transporte dos tubos, 1 para desmoldagem e 1 na plataforma, considerando-se a máquina equipada com carro duplo semi-automático, sistema de alimentação completo e três moldes externos.

TABELA 6.2 – Produção dia/tubos de 1,00m e 1,50m de comprimento

	Tubos armados /Tubos armados Armed Pipes		Tubos não armados / Tubos no armados Non Armed Pipes		Tubos armados /Tubos armados Armed Pipes	Tubos não armados / Tubos no armados Non Armed Pipes
	MF	PB	MF	PB	PB	PB
200	----	---	340	320	---	---
300	----	---	340	320	---	270
400	260	260	290	270	210	220
500	240	240	280	260	190	200
600	220	220	260	240	170	180

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAMA NETO, PEDRO JORGE. **Tubos de Concreto – Projeto, Dimensionamento, Produção e Execução de Obras**: GRÁFICA RÉGIS LTDA, 2004. São Paulo, 2004.

4 SISTEMA DE DOSAGENS E MISTURA

Francisco Van Langendonck

4.1 Dosagens e transporte dos agregados

Em tempos passados, não muito remotos, não se exigia uma maior precisão dos insumos dosados, mas eram as exigências técnicas da época.

Entretanto, com o passar dos tempos e principalmente nos dias de hoje, com o estreitamento das tolerâncias das normas e busca constante pela qualidade dos produtos, a dosagem dos insumos, tornou-se um item de extrema relevância, principalmente pelo controle de seus custos industriais.

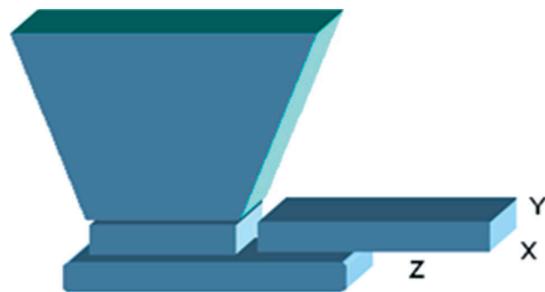
As dosagens de insumos podem ser efetuadas de duas maneiras, seja na forma volumétrica ou na forma gravimétrica. Ambas apresentam vantagens e desvantagens, o melhor método será definido em função do porte de sua usina e do layout da fábrica. A experiência tem mostrado que em linhas de produção automatizadas, que exigem ciclos muito curtos de tempo, o método gravimétrico se encaixa melhor pela precisão em suas finalizações e repetições de ciclos.

A seguir analisaremos as duas formas de dosagens, suas conseqüências e interferências quanto às correções hoje exigidas.

4.2 Dosagens volumétricas (litros ou m³)

Comumente exercidas por correias transportadoras montadas sobre a base de um silo, com uma abertura retangular definida e conhecida (altura Y e largura x), proporcionando uma área em centímetros quadrados (cm²) e tendo como base uma correia transportadora, que irá compor a terceira aresta (z). Se pensarmos em um retângulo, ou seja, para conhecermos o comprimento (z) desta aresta, corresponderá ao produto de sua velocidade linear em m/seg pelo tempo em que funcionar em seg, determinando a aresta faltante correspondente ao comprimento (z) em cm, nos fornecendo um volume em litros, m³ ou outra unidade desejada.

Controle da % umidade e $\zeta = \text{kg/m}^3$



Saída : Litros / Seg. ou Kg / Seg.

FIGURA 6.4.1 - Dosador volumétrico

As dosagens por volume normalmente são aplicadas para os agregados, por serem material de granulometria palpável, composta por grãos pesados, ou seja, não muito finos ou pulverulento como o cimento, escória, micro sílica e outros.

O cuidado principal neste caso é ter sempre conhecido os valores das massas específicas dos agregados (kg/m^3) em dosagem e seu fator percentual de unidade (U%), permitindo que possa ser feita correções, para as dosagens subseqüentes, caso se façam necessárias.

4.3 Dosagens gravitacionais (peso)

Sabe-se que esta é a forma de dosagem mais comumente utilizada e simples, através de uma balança, ou seja, pelo peso (kg), através de um dosador que permita sua pesagem.

No passado as balanças eram mais problemáticas, por depender de braços mecânicos calculados, compostos por tirantes tecnicamente dispostos, nos informando a massa existente naquele compartimento reservado para tal dosagem. Muitas vezes sofriam variações em função da própria temperatura ambiente com a dilatação e retração de seus componentes, hoje este problema já superado com o auxílio das novas tecnologias desenvolvidas pelos fabricantes, auxiliando e proporcionando maior precisão das dosagem solicitadas.



FIGURA 6.4.2 - *Dosador Gravitacional*

Como já mencionado, hoje com o avanço da eletrônica e seus componentes, substituiu-se os tradicionais braços de pesagem por células de cargas eletrônicas, interligadas a um PLC, ou mesmo a um computador.

Entretanto muitas fábricas ainda utilizam as balanças tradicionais com varões, e algumas efetuaram melhorias nestes sistemas tornando-os mistos. Na maioria das vezes estas adaptações ocorreram em função da impossibilidade técnica de substituições por completo de modernos sistemas de pesagens.

Os sistemas gravitacionais podem apresentar-se ainda de duas formas. Uma que se adequará ao layout proposto e outra em função da necessidade da capacidade produtiva juntamente com o layout proposto e espaço físico disponível.

No primeiro caso, a dosagem feita do recipiente armazenador (silo) para uma balança acumulativa de pesos, funcionando também como um pulmão, pois irá transferir o material para o misturador.

Na segunda forma, a dosagem poderá ser efetuada por um diferencial entre o existente e o que está saindo do silo armazenador e seguir diretamente para o misturador.

4.4 Aglomerantes (cimento)

Para cimento e/ou similares em granulometria ou ainda mais finas a exemplo das sílicas, escórias e outros, o recomendado é a dosagem gravitacional, por peso (kg).

Estes aglomerantes estão normalmente estocado em silos de aço (a granel), fabricados em diversos tamanhos e capacidades, facilitando muito a dosagem por peso. Neste caso temos o transporte por sistemas helicoidais, com passos tecnicamente calculados e definidos, resultando em vazão de forma praticamente contínua, sem provocar grandes golpes e/ou grande variações durante seu lançamento nos silos dosadores (balanças).

Recomenda-se, principalmente para a indústria de pré-fabricados de concreto, de que este dosador gravitacional esteja posicionado sobre o misturador, garantindo sua descarga integral.

Como sabemos, conforme a região e/ou localidade, e muitas vezes pela logística adotada pelos fornecedores de cimento em uma determinada região, só existem disponibilidades de cimento embalados em sacos, ao invés de abastecimento com cimento a granel, para tal situação existem no mercado alternativas que proporcionarão sua automatização e economia em função da capacidade do misturador instalado, não mais ficando seu traço restrito a quantidades múltiplas do volume ou peso do saco de cimento recebido.

Portanto, seja para pequenos, médios ou mesmo grandes fabricantes de pré-moldados, já existem disponíveis no mercado equipamentos denominados de “Quebra Sacos” ou “Porta Big Bags”, que tecnicamente dispostos, podem dosar uma quantidade de cimento, previamente armazenado em um recipiente apropriado e então ser transferido por transportadores helicoidais para o dosador de cimento (balança) ou quando equipados com dispositivos de carga, poderão dosar diretamente para o misturador.



FIGURA 6.4.3 - Transportador Helicoidal

4.5 Correções das Dosagens x Umidade dos agregados

Um dos grandes problemas para os fabricantes de pré-fabricados de concreto é durante a dosagem dos agregados, principalmente dos finos, pois em função da umidade contida nos agregados em estoque, podem ocorrer interferências na massa (kg) e no volume (m^3), ou seja, na massa específica do agregado a ser dosado.

A variação em massa é fácil de entender, por exemplo se precisarmos corrigir a umidade de uma areia, teremos que descobrir de quanto é a taxa percentual de umidade e acrescentá-la na dosagem. Se tivermos 10% de umidade contida na areia e se desejamos dosar 100 kg de areia, deveremos pesar 110 kg.

Se a correção desta umidade for automática, isto é, através de uma sonda sensora no silo de agregado (no caso areia), acoplada ao programa de dosagem, o próprio programa proporcionará tal correção do agregado em dosagem, no caso de nosso exemplo a areia, corrigirá automaticamente a massa a ser dosada para uma pesagem de 110 kg, da mesma forma que acrescentou a massa de agregado, retirará em volume a água contida neste agregado dosado, medida pela umidade encontrada, retirando no caso os 10 kg de água dosada que estava contida na areia.

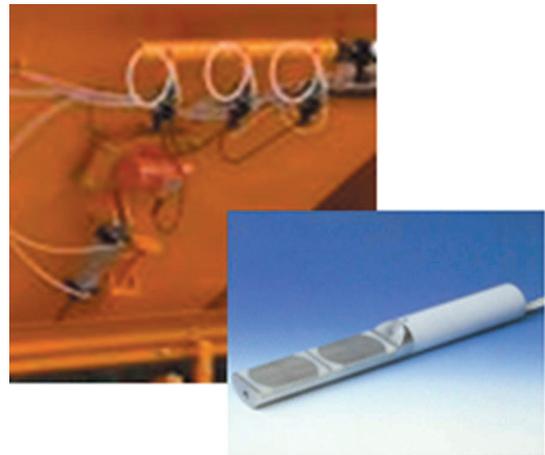


FIGURA 6.4.4 - Sonda Sensora

Ao contrário dos dosadores volumétricos, que requerem um cuidado maior quando da dosagem, exigindo uma atenção maior quanto variação em volume, pois a exemplo da areia úmida, seu volume pode ser alterado de 0% até 30%, em uma variação da umidade de 0% até 15%, neste nosso exemplo.

Para este caso será necessário também conhecer a massa específica aparente do agregado no instante da dosagem. Em casos de programas automáticos, esta medição também é feita por sonda semelhante a anterior.

Neste caso, dos volumétricos, para informar a massa específica (kg/m^3), podemos trabalhar com uma média simulada, para que o programa possa então efetuar a conversão de litros para kilo ou vice e versa, de acordo com a necessidade de cada equipamento.

Vale salientar de que a uniformidade do concreto produzido, sua homogeneidade, sua consistência, está diretamente relacionado com o desempenho de um equipamento quando em operação no processo automático, evitando diversos ajustes e regulagens em função do concreto fornecido, complementando pela qualidade do misturado, que será abordado mais adiante.

4.6 Transportes do cimento e agregados

4.6.1 Cimento

Depois de dosado em um recipiente apropriado, dosador de cimento, o ideal é ter sua transferência direta para dentro do misturador por queda livre. No caso de transferir o cimento dosado de um recipiente em nível diferente do misturador, sem dúvida alguma, o correto e o ideal, são os transportadores helicoidais, dimensionados de acordo com cada necessidade, observando o layout e as exigências técnicas de cada projeto e instalação.

4.6.2 Agregados

Dentre os tipos de transportadores mais utilizados para transporte dos agregados dosados, tanto para dentro do misturador bem como a exemplo de um ponto de carga de caminhão betoneira, encontramos duas opções, o skip ou transportadores de correia, os mais utilizados e recomendados, dimensional e tecnicamente desenvolvidos conforme as exigências de cada layout com suas capacidades definidas pelas exigências de projeto.



FIGURA 6.4.5 - Transportadora por skip ou por correia

4.6.3 Mistura

O material dosado, insumos (agregados) e aglomerantes (cimentos), será transferido para dentro do misturador, como mencionamos acima, mas para melhor esclarecer precisamos entender os diversos tipos de misturadores, com suas características, vantagens e desvantagens.

Podemos destacar como básico, três grupos conhecidos de misturadores, que são:

- Eixo inclinado,
- Eixo horizontal,
- Eixo vertical.

Dentro dos tipos de misturadores apresentados podemos esclarecer que os inclinados, mais comumente utilizados, são conhecidos como betoneiras.

Já os de eixo horizontal, devemos fazer uma ressalva, pois tanto o de eixo horizontal simples e o de eixo horizontal duplo, apresentam desempenho e qualidade de mistura diferenciados, como veremos mais abaixo.

O mesmo corre também com os misturadores de eixo vertical, seja nos tubos do tipo radial ou nos tubos de mistura normal plana, além dos planetários e bi-planetários.

Nos desenhos esquemáticos abaixo, exemplificamos os tipos de misturadores mais comumente encontrados no mercado brasileiro.

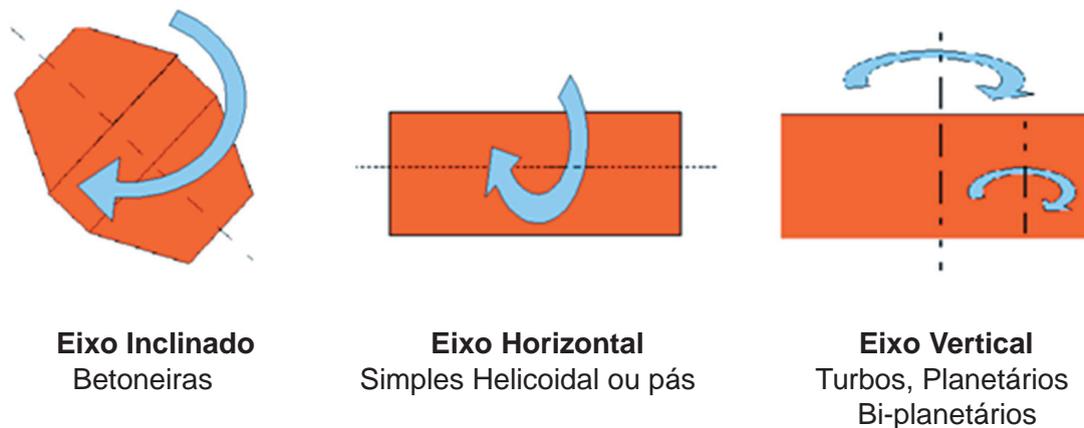


FIGURA 6.4.6 - Eixos dos misturadores

Os misturadores de eixo inclinado, comumente conhecidos como betoneiras, proporcionam uma mistura de concreto ou argamassa no seu interior por tombamento dos insumos e por não ter uma mistura forçada, apresentam um coeficiente de mistura baixo, não homogêneo e conseqüentemente consomem um tempo mais longo de mistura.

Os misturadores de eixo horizontal são sub-divididos em duas categorias, os de eixo simples e os de eixo duplo.

Os Misturadores de eixo horizontal simples, sejam com pás montadas em seus braços ou com duas pás principais em forma helicoidal sobre passada no seu eixo de mistura que proporciona uma mistura em forma de oito no seu interior, tem sua característica de mistura lenta, consumindo tempos mais longos de mistura para alcançar uma boa homogeneidade, resultando em um coeficiente de mistura médio em virtude de seu fator K ser ainda muito baixo.

Os misturadores de eixo horizontal duplo, em função de seu layout interno, proporcionam um movimento com refluxo interno, provocando um destorroamento das partículas aglutinadas, que veremos a seguir, resultando em tempos de mistura mais curtos e com coeficiente de mistura já mais elevado, se aproximando dos misturadores planetários, começa a apresentar um fator K mais alto permitindo a redução de tempos de mistura.

Mas antes de apresentarmos os demais tipos de misturadores mais utilizados no mercado Brasileiro, devemos lembrar alguns estudos realizados, a exemplo de como o Prof. Dr. Engenheiro Industrial F.Vilagut já apresentava em seus trabalhos em 1975 na Espanha, abordando a qualidade dos equipamentos empregados e os resultados obtidos na qualidade do concreto misturado, seja por betoneira ou seja por misturador planetário.

Entretanto, com o avanço da tecnologia, utilizando-se de recursos com moderno desempenho, obtivemos a confirmação da eficiência nos avanços dos tipos de misturadores quanto a redução no consumo de cimento por m³, o que hoje é fácil de ser entendido, comprovado e demonstrado, com simples exemplos.

Toda partícula, ao entrar em atrito consigo mesma ou com outras partículas dentro do misturador, adquire cargas iônicas, ocorrendo um aglutinamento das moléculas de cimento de difícil destorroamento, principalmente nos concretos mais secos. Este efeito é percebido acentuadamente no misturador de eixo inclinado tipo betoneiras, por não ter pás e não forçar sua mistura, trabalhando só por tombamento. Este fato é agravado principalmente quando se trabalha com o preparo de concreto com baixo fator água cimento, concreto mais seco, como os utilizados na fabricação de peças pré-fabricadas.

Com o misturador de eixo horizontal de eixo simples, existe uma grande melhora na situação da mistura frente a betoneira, mas, ainda de baixa eficiência quanto a capacidade de destorroamento e dispersão do cimento dentro da massa em mistura, devido a sua baixa velocidade de mistura. Este fato ocorre tanto nos misturadores com pás helicoidais sobre passadas bem como nos misturadores de eixo horizontal com pás planas resultando em movimento similares a das pás helicoidais sobre passadas.

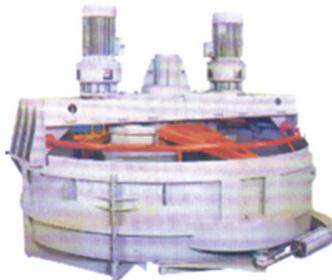
Ao analisarmos os misturadores de eixo vertical, primeiramente o tipo turbo, que podem se sub-dividir ainda em duas categorias, os turbo radial e o turbo normal plano, teremos:

No misturador Turbo Radial, ou seja, trata-se de um misturador constituído por um corredor de mistura, em que nos casos de concreto seco, processará a mistura por tombamento do material dentro deste corredor do misturador, sendo ora para a direita e ora para a esquerda, não existindo uma circulação por completo dentro do misturador, ou ainda, se o concreto for mais plástico, fator de água maior, a mistura (por estar mais fluida) poderá resultar em um movimento circulatório no corredor do misturador, com a conseqüência de centrifugar o concreto, desagregando-o, deixando o material mais grosso na periferia do misturador e os finos posicionados na parte central deste.

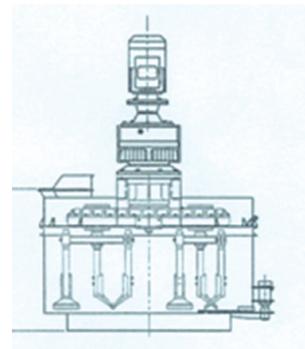
O misturador Turbo Normal Plano apresenta vantagem sobre o Radial uma vez que este misturador tem seu fundo de característica plana sem obstruções no seu interior, proporcionando ao concreto em mistura com deslocamento livre, resultando em uma homogeneização melhor em virtude do seu deslocamento no interior determinado pelo posicionamento das pás, se utilizando de todo o espaço plano disponibilizado para a mistura.



Turbo



Planetário



Bi-Planetário

FIGURA 6.4.7 - Misturadores

Ainda no misturador Turbo Normal Plano, a condição de mistura é diferente ao tipo Radial, também em função da velocidade de mistura, que se assemelha ao misturador de eixo vertical planetário. Seu desempenho quanto à dispersão do cimento na mistura é menos eficiente que os planetários, porém mais eficiente que os do tipo radial e mesmo que os de eixo horizontal simples de pás helicoidais sobre passada ou simplesmente com pás.

No misturador Planetário ou Bi-Planetário, a capacidade de transferência de energia e de dispersão do cimento é muito grande durante o processo de mistura do concreto e/ou argamassa, proporcionando um destorroamento dos grumos de cimento formados quando do início de um processo de mistura logo após a alimentação do misturador, ocorrendo em um curto espaço de tempo.

Desta forma, se compararmos uma mistura de concreto efetuada em uma betoneira com outra mistura efetuada no misturador planetário, confirmamos a importância da escolha de um bom misturador, pois pode representar uma economia no consumo de cimento no concreto ou argamassa a ser misturada, entre 25% e 30% no consumo de cimento por m³, proporcionando redução no custo final de nosso Pré-Fabricado, uma vez que ainda nos dias de hoje o cimento participa com uma fatia considerável nos custos industriais.



FIGURA 6.4.8 - Misturador Planetário

O Professor Dr. Eng. F. Vilagut define a fórmula para cálculo de um bom misturador definindo seu coeficiente de mistura β .

$$\beta = K \cdot \frac{S \cdot v \cdot t}{V}$$

onde :

β = Coeficiente de mistura

K = Constante, função da qualidade do misturador

S = Área da pá misturadora

v = Velocidade das pás em mistura

t = Tempo de mistura

V = Volume do misturador

Na fórmula para definição do coeficiente de mistura " β ", encontramos os fatores como " S " que representa a área ou os tamanhos de pás em cm^2 que atuam diretamente na mistura do concreto, o " v " onde vamos verificar a velocidade de deslocamento destas pás dentro do misturador, o " t " representa o tempo necessário para alcançarmos a homogeneização do concreto em mistura, que é inversamente proporcional ao " V " volume que estamos misturando.

A constante que Vilagut define como fator " K " é o tipo de misturador utilizado, pois é em função da qualidade de mistura que irá proporcionar um concreto de qualidade.

Portanto, como é importante salientar, a escolha de um bom misturador proporciona uma economia de cimento, economia esta que também é válida para mistura de concreto com Pigmentos, seja em pó, líquidos ou mesmo em pasta, proporcionando alto rendimento pela dispersão absorvida pelo movimento das pás, considerando a área de ataque, velocidade com que ela se desloca e o tempo gasto, inversamente proporcional ao volume em mistura, que será objeto para o dimensionamento do misturador para nosso objetivo, quando estaremos levando em conta sua capacidade geométrica em m^3 , capacidade de lançamento de concreto misturado em m^3 , e mesmo o consumo de potência em KW (HP) necessários ou consumidos.

4.6.4 Dosagem de água e correção da umidade no misturador

Uma vez dosados os insumos dentro do misturador, após um tempo técnico para a homogeneização dos agregados e cimento basicamente, ainda no estado seco, inicia-se a dosagem da água na mistura, dosagem que é feita normalmente de forma volumétrica através de dosador tipo hidrômetro por volume em litros ou ainda aqueles que são feitos por peso se utilizando de uma balança, considerando a massa específica da água, seu peso medido é diretamente relacionado com o volume a ser dosado.



FIGURA 6.4.9 - Dosadores de água

Sabemos ainda que quando alimentamos equipamentos automatizados com concretos vindos de misturadores, a exemplo de Máquinas para fabricação de tubos automatizadas, onde pouco se deve mexer em regulagens por ciclos, para proporcionar produtos homogêneos, recomendamos também ter um equipamento de leitura instantânea para medir o fator água/cimento (F a/c), ou melhor nos dias de hoje com a inclusão de insumos muito finos adotar a expressão de Fator água/finos (F a/f), durante o processo de mistura do concreto e antes da dosagem da água.

Este equipamento fornecerá a quantidade de água já existente dentro do misturador vindo com os agregados, já corrigido em seus pesos, dosando agora a diferença da quantidade de litros de água para o programado, equipamento este conhecido como Higrômetro.

Resumindo, durante as dosagens dos concretos, percebe-se que os agregados contém um teor de umidade, ou seja, percentual de água que apesar de ter sido corrigido em sua massa (Kg) na dosagem necessita de um ajuste fino na dosagem de água, principalmente em casos de fator água cimento (F a/c) muito baixo, neste caso o equipamento que complementa uma central de concreto é o higrômetro.

Já no caso de trabalhar com concreto mais fluido, com um fator água/cimento (F a/c) mais elevado, o recomendado é de se ter um equipamento que mede a plasticidade do concreto dentro do misturador, ou seja, conhecido como plastímetro, medidor de consistência plástica do concreto.



FIGURA 6.4.10 - Medidores de consistência

4.7 Transporte do concreto fresco misturado

O lançamento do concreto misturado pode ser feito de várias formas, naturalmente dependerá do layout da fábrica, número de equipamentos a serem alimentados, pelo tipo de misturador adotado, misturador com uma, duas ou três saídas para alimentação, ou mesmo do número de misturadores disponíveis ou requeridos para cada projeto.

O transporte do concreto misturado poderá ser feito por vagonetas, skip ou mesmo por correias transportadoras, naturalmente cada caso será uma situação que exigira conhecimento do layout e do plano das necessidades e exigências de cada projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VILAGUT, F., Prof. Dr. Ingeniero Industrial - **Prefabricados de hormigón, Tomo I e Tomo II**, Barcelona – Espanha - 1975

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tubo de Concreto, de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio**. NBR 8890-2007, ABNT, Rio de Janeiro.

Eladio G R Petrucci – **Concreto de Cimento Portland**, Editora Globo, 14a. Edição, páginas de 53/54 e 167/188.

CIBI – Companhia Industrial Brasileira Impianti, **Arquivo técnico CIBI**, até 2007.

Francisco van Langendonck – **Concreto Celular Espumoso**, Forschaum Concreto Celular Ltda. - até 2007
