

Hoje em dia algumas Empresas de Serviços de Concretagem, chamadas carinhosamente de Concreteiras, oferecem concreto fresco pronto, posto obra, pré-misturado em Central Misturadora, enquanto outras, a maioria, ainda oferece o concreto pré-misturado no próprio caminhão betoneira, a chamada Central Dosadora, tradicional no Brasil e nos USA. Defendem haver vantagens da Central Misturadora em relação à Central Dosadora e gostaria de saber se há mesmo diferença na qualidade do concreto produzido do ponto de vista do consumidor?

Pergunta usual hoje no mercado

Resposta:

Ambos os processos de produção dependem de um estudo racional de dosagem, controle dos insumos, pesagem correta em balanças aferidas, tempo adequado de mistura enérgica, manutenção da eficiência dos equipamentos de mistura, enfim requerem rigorosa conformidade às prescrições normativas e às práticas de bem produzir.

1. Fundamento Conceitual

A durabilidade, a resistência, as tolerâncias, o módulo de elasticidade (deformações e comportamento em serviço, os estados limites de serviço ELS), enfim os requisitos de resistência, de durabilidade, de qualidade do concreto são prescritos no projeto estrutural com base no conceito universal de valor característico, adotado por todas as normas dos diferentes países do mundo e daí a razão desta PhD citar, também, tantas normas estrangeiras.

Esse critério adotado na maioria dos países, historicamente, a partir das décadas de 60 e 70 com base em pesquisas nas décadas anteriores, buscou, justamente, definir a qualidade do concreto, independentemente da variabilidade da sua produção, ou seja independentemente da forma e rigor de produção do concreto.

Valor característico corresponde a um valor mínimo, associado a um critério estatístico, de qualidade, resistência e durabilidade do concreto que sempre ou melhor, pelo menos com 95% de probabilidade, é atingido e na maioria das vezes, superado na realidade da obra.

Assim a segurança, a resistência, a durabilidade, a qualidade que até então, historicamente nas normas de antes dos anos 60, eram referidas a valores médios, passaram a ser definidos, especificados e requeridos a apresentar conformidade com valores mínimos característicos.

Portanto a qualidade especificada passou a ser independente da variabilidade da produção, pois é sabido que certos processos de produção de concreto, conseguem produzir com maior ou menor variabilidade um mesmo valor característico mínimo. A maior demonstração dessa verdade é que o Brasil hoje está chegando à produção de cerca de 60 milhões de m³ de concreto dosado em Central Dosadora, sendo menos de 5% desse total produzido em Centrais Misturadoras.

2. Importância do Brasil na produção de concreto em Central Dosadora e Misturadora

O Brasil se consolida como o líder absoluto e incomparável em volume de concreto dosado e misturado em Central na região Ibero Americana, operando em patamar muito superior a mercados como México e Colômbia.

No contexto mundial o Brasil se projeta de forma mais robusta entre os maiores produtores globais de concreto preparado, situando-se em um bloco intermediário forte ao lado de grandes mercados europeus como Itália e França.

Concluindo, segundo a ABESC, o mercado brasileiro de concreto dosado em central movimenta entre 58 e 63 milhões de m^3 /ano, produzindo esse recorde, majoritariamente em centrais dosadoras.

3. Processos de produção do concreto

As normas estrangeiras e a norma nacional ABNT NBR 12655, não fazem distinção nem restrição às diferentes formas ou processos possíveis de produção de concreto. Ao contrário, não distinguem tipos de produção, se por central misturadora ou central dosadora, e sim por avaliação e classificação da variabilidade da produção.

A processos menos rigorosos de produção, com menor controle das massas dos constituintes do concreto, processos de produção em volume, exigem resistências de dosagem com maiores teores de cimento justamente para assegurar a mesma qualidade característica final.

Portanto existe uma absoluta equivalência em termos de trabalhabilidade do concreto fresco, resistência característica à compressão, módulo de elasticidade, durabilidade e outras propriedades do concreto “característico” mínimo, independentemente de sua mistura ocorrer em misturador central fixo (Central Misturadora) ou no balão do caminhão-betoneira (Central Dosadora), desde que atendidos os controles de materiais, balanças, aferições, tempo de mistura, tempo de transporte, limites de temperatura e as boas práticas de fabricação.

4. Fundamentação normativa da equivalência

A norma brasileira **ABNT NBR 12655** estabelece critérios de amostragem e ensaios baseados no **resultado final do produto**. A norma não faz distinção ou restrição de uso entre centrais dosadoras ou misturadoras, classificando o processo produtivo pela precisão das balanças e controle de insumos ou constituintes (Condição A, B ou C).

A **ABNT NBR 7212** chancela e regulamenta a Central Dosadora ao normatizar a mistura em caminhão-betoneira, exigindo uma rotação inicial de 70 a 100 voltas na velocidade de mistura para assegurar a homogeneização. Uma vez cumprido este requisito, o concreto atinge o status de mistura homogênea exigido por norma, igualando-se ao misturador estático.

A norma **ACI 214** foca a sua diretriz na variabilidade do processo (Desvio-Padrão e Coeficiente de Variação). A norma americana atesta que uma operação de campo classificada como "Excelente" depende da calibração periódica dos sistemas de pesagem, da umidade corrigida em tempo real e do estado de conservação das facas internas dos caminhões. Portanto, se uma central dosadora mantém seu desvio-padrão de produção dentro dos limites de projeto, estatisticamente o risco de falha é idêntico ao de uma central misturadora.

A norma europeia **EN 206** associa a durabilidade ao cumprimento rigoroso de limites de composição (relação água/cimento máxima, consumo mínimo de cimento e teor de ar). Desde que o sistema automatizado de dosagem garanta a pesagem correta e o controle efetivo da água total, a matriz de pasta de cimento hidratada resultante terá a mesma porosidade e densidade, garantindo idêntica resistência ao ataque de agentes agressivos (carbonatação e cloretos).

Tabela de análise comparativa de equivalência técnica

Parâmetro de Qualidade	Mecanismo na Central Misturadora	Mecanismo na Central Dosadora	Resultado no Concreto
resistência f_{ck}	garantida pelo tempo fixo de batida no misturador estático.	garantida pelo número de rotações normativo (70-100 voltas) no caminhão.	equivalentes, ou seja, ambas atingem a hidratação adequada dos grãos de cimento.
trabalhabilidade	mistura mecânica centralizada antes do transporte	mistura mecânica distribuída durante o carregamento e trajeto	equivalentes, ou seja, distribuição uniforme de agregados e pasta e consistência do concreto fresco
relação água/cimento	medida via sensores nos silos/misturador	medida via sensores nos silos e controle hidrométrico do caminhão.	equivalentes, ou seja, teor de água final e fator a/c idênticos conforme com o traço aprovado.
durabilidade	estrutura de poros definida pela dosagem do traço.	estrutura de poros definida pela dosagem do traço.	equivalentes, ou seja, mesma carbonatação, penetração de cloretos, permeabilidade e proteção contra corrosão de armaduras.

8. Controles

Um dos fatores críticos para assegurar a resistência e a durabilidade do concreto é o controle do tempo decorrido entre a adição de água e o término do lançamento na obra. Independentemente do tipo de central, este critério segue rigorosamente os limites estabelecidos pela **ABNT NBR 7212**:

- **Limite de Tempo Padrão:** O tempo decorrido entre o primeiro contato do cimento com a água de mistura e o final do lançamento do concreto **não deve ser superior a 2 horas e 30 minutos (150 minutos)**, desde que o concreto seja transportado em caminhão-betoneira agitador.
- **Início do Lançamento:** O início da descarga na obra deve ocorrer, idealmente, em até **2 h (120 minutos)** a partir do horário da primeira adição de água registrado no documento de entrega (NF).
- **Uso de Aditivos Retardadores de Pega:** Em casos onde a distância logística ou o tráfego urbano excedam os tempos padrão, o uso de aditivos químicos polifuncionais ou retardadores de pega (conforme **ABNT NBR 11768**) prolonga o tempo de trabalhabilidade sem qualquer prejuízo à resistência final ou à durabilidade, mantendo as duas centrais tecnicamente equalizadas perante o tempo de transporte.
- **Manutenção da Agitação:** Durante todo o trajeto da central dosadora ou misturadora até o local de aplicação, o balão do caminhão-betoneira deve permanecer em velocidade de agitação constante. Isso evita a segregação dos agregados e garante a manutenção da homogeneidade da massa.

O controle térmico do concreto no momento do lançamento é um requisito mandatório para assegurar a sua integridade estrutural a longo prazo, evitando o aparecimento de fissuras por retração térmica e reações expansivas tardias (como a Etringita Tardia - DEF).

- **Limites de Temperatura de Lançamento:** Conforme as diretrizes da **ABNT NBR 12655** e recomendações de boas práticas para estruturas convencionais, a temperatura do concreto fresco no momento do lançamento **não deve exceder 35 °C**;
- **Ações de Controle na Origem:** A variação de temperatura do concreto depende da temperatura inicial dos insumos (especialmente agregados e água de mistura) e do calor gerado pela hidratação inicial do cimento. Tanto a central misturadora quanto a central

dosadora utilizam exatamente os mesmos recursos técnicos para mitigação térmica quando necessário, tais como:

- Substituição parcial ou total da **água de amassamento por gelo escamado na pesagem**.
 - Aspersão de água fria nos silos de agregados para resfriamento por evaporação.
 - Armazenamento e cobertura de estoques para evitar a incidência solar direta.
- **Geração de Calor por Atrito:** Embora o balão da central dosadora execute mais rotações durante o trajeto, o calor gerado pelo atrito mecânico da agitação é insignificante quando comparado ao calor de hidratação química do cimento. Portanto, sob condições adequadas de transporte e uso de aditivos corretos, o concreto de ambas as centrais chega à obra com temperaturas equivalentes.

CONCLUSÃO

Para que a equivalência seja indiscutível, a Central Dosadora, assim como a Misturadora, deve evidenciar o cumprimento dos seguintes controles operacionais:

1. **Atestado de Calibração das Balanças e equipamentos:** Balanças de agregados, cimento, água e aditivos calibradas por órgãos credenciados do INMETRO.
2. **Controle da uniformidade dos insumos:** agregados miúdos e graúdos, cimento, aditivo, adições, água, etc. ;
3. **Controle Frequente de Umidade:** Correção diária da umidade da areia para manutenção do fator água/cimento real e sempre que houver mudança de tempo (clima).
4. **Manutenção da Frota:** Verificação periódica do desgaste das lâminas internas dos balões dos caminhões-betoneira, garantindo a eficiência da mistura.
5. **Plano de Auto-Controle:** Rompimento sistemático de corpos de prova conforme a ABNT NBR 12655 para comprovação do desvio-padrão real da usina.

Considerando os preceitos da boa técnica de construir e o embasamento normativo nacional e internacional, conclui-se que não há distinção qualitativa intrínseca entre o concreto produzido por central dosadora e central misturadora. A opção por um ou outro tipo de mistura passa a ser definida por razões logísticas, econômicas, e relacionadas à produtividade e operacionalidade no canteiro, pois independe da qualidade do produto final.

A qualidade, a resistência mecânica e a vida útil (durabilidade) de uma estrutura de concreto estão diretamente associadas ao rigor da pesagem dos materiais, controle da água, respeito aos limites de transporte, controle térmico do material fresco, umidade dos agregados, uniformidade dos insumos, enfim, procedimentos estes perfeitamente executáveis e consagrados no modelo de Central Dosadora e central Misturadora.

Resumindo a qualidade final do concreto produzido, por exemplo consistência do concreto fresco e resistência do concreto endurecido, é absolutamente equivalente:

- **Para a Engenharia e para o Consumidor (Concreto Endurecido):** Os concretos são equivalentes. A trabalhabilidade do concreto fresco, a resistência característica (f_{ck}), a durabilidade, o módulo de elasticidade e o desempenho estrutural especificados em projeto serão exatamente os mesmos na peça concretada, independentemente de onde ocorreu a mistura. O consumidor recebe o mesmo nível de qualidade garantido por norma.

- **Para o Produtor / Meio Ambiente (Processo e Dosagem):** Os traços não são iguais. Como a Central Misturadora oferece maior precisão no processo mecânico de mistura estática, ela pode alcançar um desvio-padrão menor. Isso permite que a central projete um traço com resistência média (f_{cm}) menor para atingir o mesmo f_{ck} exigido no endurecido. O produtor consome menos cimento por m³, reduz custo, aumenta produtividade e ganha em sustentabilidade, mantendo o produto final dentro do mesmo padrão exigido por norma.

Paulo Helene

Diretor da PhD Engenharia

Vice-presidente do IBRACON