



**CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
UNIPAC BARBACENA
ENGENHARIA CIVIL**

**ÁURIO AUGUSTO DO NASCIMENTO
EDYAN PEREIRA CHIERICATO**

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO ADULTERADO

**BARBACENA/MG
2020**

**ÁURIO AUGUSTO DO NASCIMENTO
EDIAN PEREIRA CHIERICATO**

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO ADULTERADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos de Barbacena, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Emanuel Bomtempo Matos.

**BARBACENA/MG
2020**

“Com gratidão, dedicamos este trabalho a Deus e a todos os nossos familiares, pois com a luz divina e o apoio de nossas famílias vencemos”.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus por nos permitir a vida e nos abençoar todos os dias. Agradecemos também:

Às nossas famílias, por nos apoiarem durante essa trajetória de estudos;

Ao nosso professor orientador, Emanuel Bom Tempo Matos, pelo acolhimento, o incansável incentivo e a dedicação nos ensinamentos, propiciando todas as condições para a realização deste trabalho;

À Empresa CIMEC - Cimento e Concretos - pela disponibilização de suas instalações para a realização dos experimentos;

Ao engenheiro Leandro Reis, pela grande colaboração, atenção e apoio técnico no desenvolvimento do trabalho;

À Cassiany Aline Tavares e Franciele Kariene dos Santos, auxiliares de laboratório na Empresa CIMEC, Cimento e Concretos, pelo apoio intenso, desenvoltura e competência no desenvolvimento dos trabalhos de laboratório;

Aos colegas e professores da graduação em engenharia civil e a todos que, direta e indiretamente, participaram dessa caminhada aos nossos lados.

RESUMO

A ação de contaminantes no concreto está diretamente ligada à construção civil. A maioria das obras de construção civil, principalmente as de menores portes, às vezes, tem dificuldades em controlar a qualidade dos concretos de cimento Portland utilizados. Este trabalho de conclusão de curso conduz-se a uma análise, verificação e comparação da resistência à compressão de concretos submetidos ao processo de contaminação com diversos produtos, os quais não são recomendados que se misturem ao concreto. Para tal, moldaram-se corpos de prova, que foram avaliados quanto à resistência a compressão nas idades de 7 e 28 dias após a cura. Simularam-se situações que podem acontecer com o concreto nas obras de construção civil, em que alterações por contaminantes afetem a qualidade e automaticamente possam comprometer sua resistência à compressão. Avaliando-se os resultados dos experimentos realizados aos sete e vinte oito dias, ficou comprovada que a ação de contaminantes no concreto influencia diretamente em sua resistência à compressão. Isso pode ser confirmado na bibliografia, em que se encontram citações de alerta sobre não aplicar materiais contaminados na fabricação do concreto. Contudo, pode-se observar que em relação ao concreto padrão da usina, o concreto fabricado com a água do Rio das Mortes, em Barroso- MG, e o concreto contaminado com o açúcar, dentro dos limites aceitáveis pela literatura, tiveram resultados aproximados. Porém, os concretos contaminados com detergente e açúcar acima do aceitável (cerca de 0,05%, em relação à massa de cimento) pela literatura de Neville (2016), tiveram resultados bem abaixo, o que seria 25Mpa.

Palavras-Chave: Concreto. Resistência à Compressão. Contaminantes.

ABSTRACT

The action of contaminants in concrete is directly linked to civil construction. Most civil constructions works, especially smaller ones, sometimes have difficulties in controlling the quality of the Portland cement concretes used. This article leads to an analysis, verification and comparison of the compressive strength of concrete subjected to the contamination process with several products that are not recommended for their mixtures with concrete. For this, samples were molded, which were evaluated for resistance to compression at the ages of 7 and 28 days, after curing. Situations that can happen with concrete in civil construction works were simulated, in which alterations by contaminants affect the quality and can automatically compromise its resistance to compression. Analyzing the results of the experiments carried out at 7 and 28 days, it was proven that the action of contaminants in the concrete directly influences its resistance to compression, confirming what was verified in the bibliography, in which there are quotes warning about not applying materials contaminated in the manufacture of concrete. However, it can be observed that in relation to the standard concrete of the plant, the concrete manufactured with water from River of deaths in Barroso, MG and the concrete contaminated with sugar, within the limits acceptable by the literature had approximate results, at the unlike concretes contaminated with detergent and sugar above what is acceptable (about 0,05% compared to the cement mass) in the Neville (2016) literature, they had results well below, which would be 25Mpa.

Keywords: Concrete. Compression Resistance. Contaminants.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	DESENVOLVIMENTO	11
2.1	Concreto	11
2.2	Breve histórico do concreto	11
2.3	Procedimentos aplicáveis na fabricação do concreto	11
2.3.1	Mistura	11
2.3.2	Transporte	12
2.3.3	Lançamento	12
2.3.4	Adensamento	12
2.3.5	Cura do Concreto	13
2.4	Tipos e aplicações dos concretos	13
2.4.1	Concreto convencional	13
2.4.2	Concreto protendido	14
2.4.3	Concreto compactado a rolo (ccr)	14
2.4.4	Concreto autoadensável	14
2.4.5	Concreto bombeável	15
2.4.6	Concreto estrutural leve	16
2.4.7	Concreto pesado	16
2.4.8	Concreto armado	17
2.5	Conceito de fck, slump (abatimento) e classes de consistência	17
2.5.1	fck	17
2.5.2	SLUMP	18
2.5.3	Classes de consistência	18
2.6	Agregados para concreto	19
2.6.1	Patologias do concreto	20
2.6.2	Reação álcalis agregados	20
2.6.3	Carbonatação	20
2.6.4	Ataques a sulfatos	21
2.6.5	Ataque por cloreto	22
2.6.6	Ataques físicos	22
2.7	Materiais e métodos	22
2.7.1	Misturas utilizadas do experimento – resultados	24
2.7.1.1	Concreto padrão c 25puro; s100 (classe de consistência)	24
2.7.1.2	Concreto c 25com água bruta de rio; s100	25
2.7.1.3	Concreto padrão c 25 adulterado com açúcar cristal, 0,47%; s100	25

2.7.1.4	Concreto padrão c 25 adulterado com açúcar cristal, 3,11%; s100	26
2.7.1.5	Concreto padrão c 25 adulterado com detergente 8%; s100.....	27
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

“Concreto de cimento Portland: material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdos, graúdos e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, metacaulim ou sílica ativa), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água). Para os efeitos desta Norma, o termo “concreto” se refere sempre a “concreto de cimento Portland” NBR 12655 (ABNT 2015, item 3.1, PAG.3).

O concreto é um dos produtos da construção civil mais utilizado do mundo. Diante dessa realidade, observa-se a necessidade de produzir concretos com altos padrões de qualidade para que se obtenham concretos que atendam às necessidades do mercado da construção civil em um todo.

Na construção civil, observou-se o surgimento de várias necessidades sendo o concreto uma delas, foi necessário para supri-las. Portanto, foram desenvolvidas diversas variações de concretos, por ser um material versátil, assim, tornou-se indispensável o fato de mantermos a qualidade dos materiais utilizados na sua fabricação. Alguns autores citam problemas no concreto devido à influência de agregados e de águas. Todos os materiais utilizados para fabricar um bom concreto devem estar livres de contaminantes. São vários os problemas que o concreto apresenta devido à influência de certas substâncias, entre estes, pode-se citar a diminuição da resistência à compressão, fissuração, oxidação das armaduras, entre outras.

Por isso, justifica-se neste trabalho a importância de se tratar de algumas das anomalias do concreto para que se definam tipos de concretos importantes, e que isso não influencie na resistência dos concretos nas obras de construção civis.

Diante dessa situação, o trabalho apresenta comparações da resistência final do concreto curado com influência de alguns contaminantes, em relação ao concreto padrão, composto de cimento, água tratada, brita 0, brita 1, aditivo plastificante e microfibra de polipropileno, fornecido pela usina da Empresa CIMEC, Cimento e Concretos.

O objetivo deste trabalho é demonstrar a influência de determinadas substâncias indesejáveis na fabricação do concreto que interferirão na resistência à compressão do produto no final de sua cura, tais como, açúcar, detergente e água bruta. Para o experimento escolheu-se esses materiais por motivos específicos de cada um, o açúcar por ser um material que às vezes é utilizado em misturas de argamassas e concretos para construção de fogões a lenha, churrasqueira, entre outros, o detergente por ser um produto que proporciona maior trabalhabilidade ao concreto e a água do rio por ser utilizada em pequenas fábricas de artefatos na cidade de Barroso.

Tendo em vista que o concreto é um dos produtos mais utilizados nas obras de construção civil e que, para ser útil, deve atingir uma resistência à compressão desejável de acordo com a necessidade da construção e que devido à interferência de algumas substâncias essa resistência pode ser comprometida foram desenvolvidas algumas misturas de concretos com contaminantes para demonstrarem os riscos de não se utilizar materiais adequados e padronizados na confecção e fabricação de concretos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Concreto

O concreto é a mistura composta de cimento, areia, pedras britadas e água, pode-se ainda, se necessário, usar aditivos e outras adições, esse é o Concreto, um material da construção civil (NEVILLE,1997).

O cimento, um material imprescindível aos concretos, tem a propriedade aglomerante, isto é, combinar agregados miúdos, que são as areias, com os agregados graúdos, que são as pedras britadas, formando um material rígido e com propriedades especiais para a construção civil (PETRUCCI,1998).

2.2 Breve histórico do concreto

O surgimento do concreto foi condicionado à descoberta de um agente aglomerante cimentício. Dessa forma, pode-se considerar como o início do concreto o século II AC, quando surgiu o primeiro aglomerante conhecido. Era um tipo especial de cinza vulcânica chamada ‘pozolana’, encontrada apenas na região sul da Itália, na baía de Nápoles, próximo a Pozzuoli, de onde o nome se originou. Dando origem a diversas construções, foi bastante usada pelos romanos em sua argamassa, das quais a mais antiga de que se tem notícia é o Pórtico Amélia, construída em 193 AC. A pozolana é, na verdade, uma ‘areia’ especial, que reage quimicamente com cal e água para endurecer, formando uma pedra artificial, resistente mesmo quando submersa. Esse material era usado com pedras de diferentes tamanhos, mantendo-as aglomeradas e formando um tipo rudimentar de concreto (METHA E MONTEIRO, 1994).

2.3 Procedimentos aplicáveis na fabricação do concreto

2.3.1 Mistura

Ao se ter como resultado uma massa homogênea obtida a partir do agrupamento interno dos agregados, aglomerantes, adicionantes, aditivos e água, tem-se a mistura, que é a operação de fabricação do concreto. Tal mistura pode ser manual ou mecânica (BAUER, 2000).

2.3.2 Transporte

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004), o sistema de transporte deve, sempre que possível, permitir o lançamento direto do concreto nas formas, evitando o uso de depósitos intermediários; quando estes forem necessários no manuseio do concreto, devem ser tomadas precauções para evitar segregação.

Para Bauer (2000), depende do tipo, da localização e do volume da obra, do sistema de transporte do concreto e do equipamento de sua fabricação ao local de aplicação. Muitas vezes, a trabalhabilidade com que o concreto tem que ser utilizado depende desse tipo de transporte.

2.3.3 Lançamento

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), em nenhuma hipótese deve ser realizado o lançamento do concreto após o início da pega, o mesmo deve ser executado logo após a mistura.

Segundo a NBR 11581 (ABNT, 1991), o tempo de pega, parte do princípio em que o cimento é hidratado, formando uma pasta homogênea que dá início aos processos químicos, adquirindo certa consistência que dificulta na sua trabalhabilidade. Termina quando a mistura fica endurecida totalmente, impossibilitando o seu trabalho.

2.3.4 Adensamento

Segundo Metha e Monteiro (1994), o adensamento ou consolidação é definido como o processo de moldagem do concreto fresco nas formas e tem por objetivo eliminar bolsões de espaços vazios e de ar retido. Essa operação pode ser realizada manualmente, por meio de socamento de haste, ou mecanicamente, por meio de vibradores, placas mecânicas e compactadores à percussão.

Segundo a Norma NBR 14931 (ABNT, 2004), devem ser tomados os cuidados necessários para que não se formem ninhos ou haja a segregação dos materiais durante o adensamento. Deve-se evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios ao seu redor, com prejuízos da aderência.

2.3.5 Cura do Concreto

De acordo com Neville (1997), a cura é a denominação dada aos procedimentos que se recorrem para promover a hidratação do cimento e consiste em controlar a temperatura, a saída e a entrada de umidade do concreto. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem, a cura do concreto (ABESC) é uma etapa importante da concretagem, pois evita a evaporação prematura da água e fissuras no concreto. Depois de lançado e adensado, o concreto desenvolve sua resistência ao longo do tempo e a água do interior da mistura tende a evaporar (ABESC, Depto. Técnico - Publicações Diversas¹).

A ABESC aconselha a cura através de aspersão de água sobre a superfície do concreto, através da molhagem das formas, pelo recobrimento com areia, serragem e outros, através de membranas de cura, submersão ou cura a vapor (ABESC, Depto. Técnico – Publicações Diversas¹).

Com o controle rigoroso, a cura do concreto e o aparecimento de poros e fissuras tendem a cair e a resistência é aumentada (GIAMMUSSO, 1992).

O objetivo da cura do concreto é evitar a perda de umidade e controlar a temperatura por um período suficiente para atingir o nível de resistência desejado (METHA e MONTEIRO, 1994).

2.4 Tipos e aplicações dos concretos

2.4.1 Concreto convencional

Geralmente, em obras nas quais não existe a necessidade da utilização de equipamentos para o bombeamento do concreto, faz-se o uso do concreto convencional. O uso de equipamentos de vibração é indispensável, devido à baixa trabalhabilidade desse concreto, para um bom adensamento. Este é essencial para que se evitem nichos de concretagens, os quais têm interferência direta da durabilidade da estrutura. Esse concreto demanda uma quantidade grande de mão de obra devido a sua aplicação manual (PORTAL DO CONCRETO, 2013²).

Obtido pela mistura e dosagem conveniente, de agregados graúdos – pedra britada ou seixos rolados, agregados miúdos – areia natural ou artificial obtida pela moagem de agregados

¹ Disponível em: Abesc, depto. Técnico - Publicações diversas. Acesso em 02 de outubro de 2020.

² Disponível em: Portal do Concreto. Acesso em 8 de outubro de 2020.

gráudos, cimento (aglomerante hidráulico) e água, o concreto convencional é um material compósito (GIONDO, 2007).

2.4.2 Concreto protendido

Segundo Lannes (2005), basicamente, o concreto protendido consiste na utilização de cabos de aço no interior do concreto, os quais recebem um esforço de tração através de macacos hidráulicos. Assim, existe a transferência dessa tensão para o concreto com o uso de ancoragens, no caso dos pós-tensão ou para pré-tensão, através do atrito e aderência entre os cabos e concreto.

A crescente aplicabilidade da protensão se dá em lajes planas, sobretudo, em lajes planas lisas com o emprego de cordoalhas engraxadas, em que não ocorre a aderência entre o concreto e o aço de protensão (MELLO, 2005).

Em relação ao sistema convencional em concreto armado, o sistema estrutural que emprega lajes protendidas apresenta grandes vantagens. O sistema apresenta um processo mais racional, que agiliza e simplifica a execução de diversas etapas como a produção e montagem de formas, confecção de armaduras, concretagem e execução das instalações, entre os aspectos construtivos (MELLO, 2005).

2.4.3 Concreto compactado a rolo (ccr)

O concreto compactado a rolo é um tipo de concreto seco consolidado por compactação, é um material utilizado, principalmente, nas construções de pavimentos e barragens, sendo sua execução, geralmente, por rolos compressores vibratórios empregados na compactação de materiais granulares (RIBEIRO *et al*, 2000).

O concreto compactado a rolo é um concreto de consistência seca, dura e de trabalhabilidade particular. Em relação aos outros tipos de concretos utilizados em pavimentação, tem um consumo mais baixo de cimento (PITTA; HURTADO, 1995).

2.4.4 Concreto autoadensável

É característica do concreto autoadensável a capacidade de preencher uniformemente os espaços vazios no interior das formas sob ação do seu próprio peso e da sua capacidade de

fluxo. A habilidade de se autoadensar é alcançada com o equilíbrio entre alta fluidez, obtida através de aditivos superplastificantes e moderada viscosidade e coesão entre as partículas do concreto fresco, conseguida com incremento de adição mineral de granulometria fina (LISBÔA, 2004).

Só se conseguia a obtenção de um concreto com as propriedades exigidas com alto consumo de cimento, o que se tornava um custo bastante elevado, sendo seu uso restrito a obras especiais. A introdução de aditivos superplastificantes à mistura permitiu a obtenção de um material mais fluido, de alta resistência, sem consumos excessivos de cimento. No entanto, a fluidez esperada só era obtida com redução da resistência à segregação e à exsudação da mistura (NUNES, 2001).

Além disso, o concreto autoadensável solicita uma elevada quantidade de finos em sua composição, isso tem promovido o uso de resíduos industriais, como adições minerais, cooperando, assim, para a diminuição do impacto ambiental. Nesse contexto, o concreto autoadensável (CAA) demonstra ser um material com excelentes qualidades para o desenvolvimento tecnológico ambiental do concreto (LISBÔA, 2004).

O CAA, no estado fresco, é muito mais sensível às variações de qualidade e uniformidade dos constituintes que o compõem. Por essa maior sensibilidade, uma proporção precisa dos materiais constituintes é essencial para se obter um CAA com sucesso (GOODIER, 2003).

2.4.5 Concreto bombeável

Antes de ser passado pela bomba, o concreto destinado ao bombeamento deve ser bem misturado e, algumas vezes, é realizada a remistura na tremonha pelo uso de um agitador. A principal vantagem do concreto bombeado é o fato de ele poder ser lançado em pontos situados em uma grande área que não seriam facilmente acessados de outra forma, sem a necessidade de equipamentos de mistura na obra (NEVILLE, 1997).

Esse aspecto é, em particular, vantajoso em canteiros congestionados ou em aplicações especiais, como revestimentos de túneis, etc. Para evitar o manuseio duplo, o bombeamento lança o concreto nas formas diretamente da betoneira. O lançamento pode ser feito conforme a produção da betoneira - ou de diversas betoneiras - e não é afetado por limitações de equipamentos de transporte e de lançamento (NEVILLE, 1997).

Atualmente, grande parte do concreto produzido em central é bombeada. Além disso, o concreto bombeado não segrega, mas, para ser bombeável, a mistura deve atender a certos

requisitos. Ainda deve ser citado que um concreto não adequado não pode ser bombeado, de modo que qualquer concreto bombeado é adequado no que se refere a suas propriedades no estado fresco. O controle da mistura é realizado pelo esforço demandado para a agitação do concreto na moega e pela pressão necessária ao bombeamento (NEVILLE, 1997).

2.4.6 Concreto estrutural leve

O concreto estrutural leve é um tipo produzido com agregados naturais originados de rochas duras, é pouco variável, tendo em vista que a massa específica da maioria das rochas varia muito pouco. Embora o teor volumétrico dos agregados na mistura influencie a massa específica do concreto, esse não é um fator predominante. Na prática, a massa específica do concreto normal, varia entre 2.200 e 2.600 kg/m³. Portanto, a utilização de concretos com massa específica menor pode resultar em importantes vantagens com elementos estruturais de seções menores e, assim, em uma diminuição nas fundações. Ocasionalmente, o uso de concreto de baixa massa específica pode possibilitar a construção em solos de baixa capacidade de suporte (NEVILLE, 1997).

O concreto com menor massa específica também resulta em melhor isolamento térmico do que o concreto normal. O concreto leve, por outro lado, possui maior consumo de cimento do que o concreto normal, fato que representa um custo adicional, além dos agregados leves também serem mais caros. Uma comparação de custos pertinente. Entretanto, não se deve ater somente aos custos dos materiais, mas sim, essa comparação deve ser realizada a partir do projeto da estrutura utilizando o concreto leve (NEVILLE, 1997).

2.4.7 Concreto pesado

De acordo com Metha e Monteiro (2008), geralmente, são produzidos com o emprego agregados naturais pesados. Os pesos específicos do concreto variam de 3.360 a 3.840 kg/m³, que são aproximadamente 50% mais alto do que o peso específico do concreto contendo agregados de peso natural.

Concretos de elevada massa específica são similares aos concretos de massa específica normal, formados por uma mistura de aglomerantes, agregados, adições e aditivos. Portanto, para a produção de concretos pesados, é necessária a utilização de agregados de elevada massa específica, normalmente, os pesados são minerais com presença acentuada de óxido de elementos químicos densos (MELLO, 1980).

O concreto pesado é bastante recomendado como um material para blindagens. Ele é resistente, não é caro e pode ser confeccionados em blocos ou em construções monolíticas. Por isso, é o mais usado dos materiais em blindagens de reatores nucleares estacionários (SCHMIDT, 1972).

2.4.8 Concreto armado

O concreto armado surgiu a fim de resolver um problema muito grave, que era a fraca resistência à tração do concreto como pedra artificial. Na atualidade, é o material mais utilizado na construção de estruturas de edificações e grandes obras viárias, como pontes, viadutos, passarelas, etc. As estruturas de concreto armado em ambientes não agressivos duram mais de cem anos, sem manutenção, por isso seu emprego é conhecido em todo o mundo (BOTELHO, 2006).

Como material de construção, o concreto armado apresenta grande número de vantagens, tais como: materiais econômicos e disponíveis com abundância no globo terrestre; grande facilidade de moldagem, permitindo adoção das mais variadas formas; emprego extensivo de mão de obra não qualificada e equipamentos simples; elevada resistência à ação do fogo; grande estabilidade, sob ação de intempéries, dispensando trabalhos de manutenção; aumento da resistência à ruptura com o tempo e facilidade e economia na construção de estruturas contínuas, sem juntas. No entanto, apresenta, também, desvantagens, como: peso próprio elevado; menor proteção térmica; reformas e demolições - trabalhosas e caras; exigência construtiva – precisão no posicionamento das armaduras; fissuras inevitáveis na região tracionada e construção definitiva (ANDOLFATO, 2002).

2.5 Conceito de f_{ck} , slump (abatimento) e classes de consistência

2.5.1 f_{ck}

O f_{ck} é definido pela NBR 6118 (ABNT, 2014), como sendo a resistência característica do concreto à compressão. É uma variável de grande importância para a correta elaboração de projetos estruturais. Sua unidade no Sistema Internacional de Medidas (SI) é o Mega Pascal (MPa).

Segundo a NBR 5739 (ABNT, 1994), concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico, para o cálculo da resistência à compressão, deve-se dividir a carga da ruptura

pela área da seção transversal do corpo de prova, devendo o resultado ser expresso com aproximação de 0,1 Mpa.

2.5.2 *SLUMP*

A consistência do concreto está relacionada com suas próprias características, com a mobilidade da massa e a coesão entre seus componentes. Ao se modificar a proporção de água adicionada ou empregar aditivos, sua plasticidade é alterada, variando a deformação do concreto perante esforços. A consistência é um dos principais fatores que influenciam na trabalhabilidade do concreto, sendo que esta depende, também, de características da obra e dos métodos adotados para o transporte, lançamento e adensamento do concreto. A trabalhabilidade é uma propriedade do concreto recém-misturado que determina a facilidade e a homogeneidade com a qual o material pode ser utilizado (NEVILLE, 2016).

O ensaio do abatimento do concreto, também conhecido como *Slump Test*, é realizado para verificar a trabalhabilidade do concreto em seu estado plástico, buscando medir sua consistência e avaliar se está adequado para o uso a que se destina (NBR NM 67 (ABNT, 1998).

2.5.3 *Classes de consistência*

A consistência é um dos principais fatores que influenciam na trabalhabilidade do concreto. Cabe ressaltar esse assunto, visto que muito se confunde entre consistência e trabalhabilidade. O termo consistência está relacionado a características inerentes ao próprio concreto, estando ligado à mobilidade da massa e à coesão entre seus componentes. Conforme se modifica o grau de umidade que determina a consistência, alteram-se também as características de plasticidade e permitimos maior ou menor deformação do concreto perante aos esforços (PORTAL DO CONCRETO, 2013³).

Os concretos são classificados por sua consistência, determinada a partir do ensaio realizado no estado fresco pela (NBR NM 67 (ABNT, 1998).

- A. Classe S10, abatimento (mm) $10 \leq A \leq 50$, aplicações típicas em Concreto extrusado, vibro prensado ou centrifugado;
- B. Classe S 50, abatimento (mm) $50 \leq A < 100$, aplicações típicas em alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundação;
- E. Classe S 100, abatimento (mm) $100 \leq A < 160$, aplicações típicas em elementos estruturais com lançamento convencional de concreto;
- E. Classe S 160, abatimento (mm) $160 \leq A < 220$, aplicações típicas em elementos estruturais com bombeamento de concreto;

³ Disponível em: Portal do Concreto. Acesso em 8 de outubro de 2020.

2.6 Agregados para concreto

A NBR 7225 (ABNT, 1993) define “agregado” como um material natural com propriedades adequadas ou obtido pela fragmentação de pedra, podendo apresentar dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075mm.

A mesma, ainda, classifica os agregados e define agregado miúdo como sendo grãos passantes pela peneira com abertura de malha 4,75mm e retidos na peneira de malha 150 μ m. Já agregado graúdo, como passantes na peneira com abertura de malha de 75 mm e retidos na peneira com abertura de 4,75 mm.

Para Petrucci (1998), agregado pode ser descrito como um material granular, sem forma e volume definidos, normalmente inerte, com dimensões e formas adequadas para sua utilização em obras de engenharia.

Para Mehta e Monteiro (2008), os agregados podem ser categorizados de três formas distintas: quanto a sua dimensão, sendo classificados em agregados graúdos e miúdos; quanto a sua densidade, podendo variar entre agregados leves, normais e pesados e quanto a sua origem, classificados em agregados minerais naturais e artificiais.

De acordo com Sbrighi Neto (2000), é importante o conhecimento das propriedades na escolha do agregado que irá compor a mistura do concreto, visto que poderá representar uma otimização na relação entre custo x benefício. A NBR 7211 (ABNT, 2009) coloca como requisito a composição dos agregados, grãos minerais compactos, duros, estáveis, duráveis, limpos nos quais as substâncias contidas não afetem a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra corrosão, a durabilidade e, quando requerido, o aspecto visual do concreto.

Neville e Brooks (2013), apontam que cerca de 75% do volume do concreto é ocupado pelos agregados, o que implica em considerar relevante a qualidade do agregado a ser utilizado, pois suas propriedades afetam significativamente o desempenho estrutural do concreto.

Mehta e Monteiro (2008) complementam que a visão tradicional que o agregado se enquadra, sendo um material inerte, vem sendo questionada devido à melhor compreensão do papel desempenhado pelo agregado na determinação de propriedades importantes para o concreto.

2.6.1 Patologias do concreto

A durabilidade de uma estrutura depende igualmente do comportamento dos elementos estruturais do concreto armado e dos demais componentes incorporados à estrutura, porém, sem função estrutural (BRANDÃO, 1999). Daí a necessidade de conservação e estudo das patologias na construção civil.

O estudo da patologia é uma ciência que se encarrega de entender e estudar os problemas da construção, suas origens, causas, manifestações e seu mecanismo principal de deterioração (HELENE, 2009).

2.6.2 Reação álcalis agregados

De acordo com Paulon (1981), a reação álcali agregado pode ser definida como uma reação química entre os componentes reativos dos agregados, com os álcalis presentes na matriz do concreto, na companhia de umidade, com consequências que podem variar impassível fissurações a rachaduras que comprometem a integridade da estrutura do concreto, sendo que o efeito da patologia é verificado após anos da finalização da obra. Reação álcali agregado é muito comum em obras expostas à umidade, como barragens, pontes, viadutos, chamadas “obras-de-arte”. No entanto, também pode ocorrer em edificações e obras habitacionais, em especial, as fundações onde o concreto fica em contato direto com a umidade.

De acordo com Metha e Monteiro (2005), as principais fontes de álcalis presentes no concreto são provenientes dos materiais utilizados para a fabricação do clínquer do cimento Portland. Conforme a quantidade de álcalis presentes no cimento, em concretos convencionais, o PH de misturas pode ficar entre 12,5 e 13,5, representando um fluído extremamente alcalino, que em companhia de rochas ácidas, compostas de sílicas e minerais siliciosos, não se mantêm estável em períodos longos de tempo.

2.6.3 Carbonatação

Devido à ação do gás carbônico atmosférico, ocorre a carbonatação, um processo que reduz o pH da estrutura, despassiva a armadura, levando-a à corrosão. Segundo Biczók (1972), quando a qualidade do concreto é satisfatória, a carbonatação não passa de profundidades maiores que 1 mm, independentemente do tipo de cimento utilizado. Entretanto, se pensarmos que, na prática, esse valor só é nocivo quando a carbonatação chega à armadura, pode-se dizer,

então, que esse processo tem como limite de segurança o próprio cobrimento (FIGUEIREDO, 1994).

Para medição desse fenômeno, utiliza-se de reagentes como a timolftaleína e a fenolftaleína com auxílio de indicadores químicos de pH. Prepara-se uma solução com um dos indicadores e, em seguida, ela é aspergida sobre áreas das estruturas com concreto recém-rompido. No caso da timolftaleína, se a região apresentar coloração azul, nesse local temos um pH superior a 9. Já se a coloração permanece inalterada, o pH se encontra inferior a 9, indicando que na região o concreto se encontra carbonatado. Já no caso da fenolftaleína, se o pH é superior a 9, a cor apresentada é a vermelho-púrpura, após a aspersão. É importante mensurar o avanço da carbonatação com auxílio de um paquímetro e fazer o registro desse valor (DURAR CYTED, 2000).

O principal fator de controle da carbonatação é a difusividade da pasta de cimento endurecida. A difusividade é uma função do sistema de poros da pasta enquanto ocorre a difusão do CO₂ (NEVILLE, 2016).

2.6.4 Ataques a sulfatos

Os sais sólidos não atacam o concreto, mas, quando estão presentes na forma de solução, podem reagir com a pasta de cimento hidratada. Em especial, são bastante comuns os sulfatos de sódio, de potássio, de magnésio e de cálcio que ocorrem nos solos ou no lençol freático (NEVILLE, 2016).

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), em locais onde os concretos forem expostos a ambientes que contêm sulfatos, deve possuir em sua composição um tipo de cimento que resista a esse íon e, também, seguir os limites da relação água-cimento e resistência à compressão do concreto.

Estão acompanhadas de diferentes mecanismos, a formação de gipsita, associadas às reações por troca de cátions. Assim, o que explicaria a diminuição de resistência à tração dos concretos está associada à formação de gipsita, acompanhada da perda de adesão e de resistência, lascamento e expansão. A formação de etringita está associada à expansão e à fissuração, enquanto a formação de taumasita está acompanhada pelo mais severo efeito danoso, capaz de transformar o concreto endurecido em uma massa não ligada, devido à dissolução do C-S-H, principal composto responsável pela resistência do concreto (WERITZ et al., 2009).

2.6.5 Ataque por cloreto

Segundo Freire (2005), no concreto, os íons de cloreto podem estar presentes de diversas formas ou em serviços através do ingresso de íons vindo de fontes externas. Sendo que podem alastrar rapidamente pelo concreto de cobrimento e, assim, atingir a armadura em um período mais curto à sua vida útil.

Os sais descongelantes e a água do mar são as principais fontes externas de íons de cloreto. Independentemente de sua origem externa, transportados por águas que contêm os íons, os cloretos penetram no concreto, por difusão dos íons na água ou por absorção. O ingresso repetido ou prolongado pode, com o tempo, resultar em uma elevada concentração de íons de cloreto na superfície da armadura (NEVILLE, 2016).

Os íons de cloreto, quando presentes, podem ocasionar a quebra da película existente de passivação, com elemento funcionando como um catalisador, assim, acelerando a catalisação. Primeiro, os íons de Cloreto se conectam ao aço e, após a hidrólise (reação de decomposição), eles são liberados sem serem consumidos, existindo a reação de Hidróxido de ferro III (HELENE, 1986).

2.6.6 Ataques físicos

De acordo com Medeiros (2010), variação de temperatura, umidade, ciclos de gelo e degelo, ciclos de umedecimento e secagem, são os causadores dos agentes físicos que atacam o concreto. Inicialmente, ao se falar das causas físicas de deterioração, alguns autores as agrupam em duas categorias. A primeira é a de desgaste superficial ou perda de massa, na qual se incluem os fenômenos de abrasão, erosão e cavitação. A segunda é a fissuração, em que se enquadram as mudanças de volume (gradientes normais de temperatura e umidade e a pressão de cristalização de sais nos poros), o carregamento estrutural e a exposição a extremos de temperatura, como, por exemplo, os ciclos de gelo-degelo e a ação do fogo (MEDEIROS, 2010).

2.7 Materiais e métodos

Este capítulo tem como objetivo exibir materiais e métodos utilizados no experimento que estudou a influência de contaminantes no concreto de cimento Portland.

Para a elaboração dos procedimentos e fornecimento dos materiais, pôde-se contar com o apoio da empresa CIMEC - CIMENTO E CONCRETOS LTDA, localizada na cidade de Barroso, MG.

Assim, para a realização dos ensaios, utilizaram-se cinco misturas diferentes de concretos com o intuito de verificar a resistência à compressão, em idades específicas de cada um, influenciado pelos contaminantes. Os concretos foram fornecidos pela CIMEC - CIMENTO E CONCRETOS LTDA, com resistência padrão característica à compressão (f_{ck}) de 25MPa CA (25), brita 0 e 1, areia artificial de calcário, abatimento variável para cada composição de misturas, como citado em cada tipo de ensaio realizado.

Para realizar os experimentos, os materiais a serem utilizados foram coletados, preparados e caracterizados conforme a descrição abaixo apresentada.

O Cimento Portland empregado foi o CP RS V Alta Resistência Inicial (ARI) com resistência à compressão aos 28 dias igual a 50 MPa, fornecido pela Cimento HOLCIM Barroso, que segue as especificações da NBR 5733 (ABNT, 1991), quanto aos cimentos Portland de alta resistência inicial.

Como agregado miúdo, utilizou-se a areia artificial, fornecida pela CEMTAL, Mineração e Transporte Ltda., localizada na rodovia BR 265, Km 30, Barroso, MG. Suas dimensões máximas, características, são de 0,60 mm e 4,80 mm, definidas conforme a NBR 7211 (ABNT, 2009).

Já como agregado graúdo, empregaram-se a brita 0 e a brita 1 da Pedreira Lebourg & Cia Ltda. De acordo com os procedimentos da NBR 7211 (ABNT, 2009), apresentam, respectivamente, como dimensão característica máxima 12,5mm, 19 mm.

A água utilizada, tanto para a realização da moldagem, quanto para a cura dos corpos de prova é proveniente do abastecimento público da Empresa de Saneamento COPASA, Cia de Saneamento básico de Minas Gerais, com exceção de uma determinada mistura que foi realizada com a água do Rio das Mortes em Barroso, MG.

Empregou-se, também, o uso do aditivo líquido plastificante FK 9, que age como um agente dispersor das partículas de cimento, evitando sua aglomeração e reduzindo a tensão superficial da água da mistura. Como consequência da melhor distribuição das partículas de cimento e do agregado, obtêm-se uma melhora na coesão e trabalhabilidade do concreto. Todos os corpos de prova dosados ainda foram reforçados com o uso de fibras de concreto pp microfibras 12 mm.

O traço definido para o concreto usinado produzido pela CIMEC, Cimento e Concretos, é evidenciado em cada um dos tipos de misturas.

O experimento iniciou-se no dia 18 de setembro de 2020, com todos os seus procedimentos realizados no laboratório da CIMEC, onde, no mesmo dia, com o material a ser utilizado - previamente coletado pelos funcionários da empresa CIMEC - foi feita a homogeneização dos materiais, medido a umidade dos agregados e definidos os traços dos corpos de prova. Após esses procedimentos, em um misturador de concretos, estes foram dosados de acordo com cada traço definido. Depois da mistura de cada traço, fora realizada, inicialmente, a aferição de sua consistência através do ensaio do abatimento - “*Slump Test* -” em conformidade com a NBR NM 67 (ABNT, 1998), em seguida, moldados quatro corpos de provas para cada tipo de traço conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015).

Realizado o procedimento de desforma após sete dias, reuniram-se os corpos de prova para a realização do processo de cura submersa. Após os períodos de 7 e 28 dias, foi realizada a análise das suas propriedades de resistência à compressão em ruptura, conforme a NBR 5739 (ABNT, 2007). A cura de corpos de prova que foi realizada de forma totalmente submersa em água tem como finalidade, somente, evitar a evaporação da água, mantendo o concreto saturado. No dia 25 de setembro de 2020, foram feitos os trabalhos de análise de resistência à compressão dos corpos de prova com idade de 7 dias (FC7), para tal, foram seguidos os procedimentos de retirada dos corpos de prova do tanque de cura, retificação dos corpos de prova, aferição de suas medidas e, em seguida, o rompimento. O processo de retirada dos corpos de prova do tanque, retificação e aferição das medidas, repetiu-se no dia 16 de outubro de 2020, tornando possível o conhecimento da resistência dos corpos de prova com idade de 28 dias (FC28).

2.7.1 Misturas utilizadas do experimento – resultados

2.7.1.1 Concreto padrão c 25puro; s100 (classe de consistência)

Dosado com brita 0, na quantidade de 2,142kg; brita 1, na quantidade de 8,567Kg; areia artificial, na quantidade de 9,748Kg; cimento Portland CPC V RS, na quantidade de 3,027Kg; água fornecida pela concessionária COPASA, na quantidade de 1,748L; aditivo líquido plastificante FK 97 – MC 21,19g e microfibra 12mm, na quantidade de 3,67g. Os resultados dos ensaios de ruptura à compressão estão expostos na TAB. 1, abaixo.

Tabela 1 - Resultado do Ensaio à Compressão do Concreto Padrão, aos 7 e 28 dias de ida

CP Nº	Diâmetro (mm)		Altura (h)	Idade (dias)	Data	Hora	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Variação (%)
	Ø	Ø							
1	99,61	99,52	193,71	7	25/09/2020	08:14	197,85	25,191	2,77
2	100,1	99,7	196,53	7	25/09/2020	08:19	192,358	24,492	
3	100,11	99,37	196,55	28	16/10/2020	08:10	251,757	32,053	0,68
4	100,36	99,52	196,53	28	16/10/2020	08:16	253,457	32,271	

Concreto Fck = 25, Desvio padrão (Sd) = 4,0, Classe S 100, Misturador 10,5l, Conforme ABNT NBR 8953

Fonte: os autores, 2020

2.7.1.2 Concreto c 25 com água bruta de rio; s100

Dosado com brita 0, na quantidade de 2,142kg; brita 1 na quantidade de 8,567Kg; areia artificial, na quantidade de 9,748Kg; cimento Portland CPC V RS, na quantidade de 3,027Kg; água do Rio das Mortes em Barroso, na quantidade de 1,748L; aditivo líquido plastificante FK 97 – MC 21,19g e microfibra 12mm, na quantidade de 3,67g. Os resultados dos ensaios de ruptura à compressão estão expostos na TAB. 2, abaixo.

Tabela 2 - Resultado do Ensaio à Compressão do Concreto Padrão com água do Rio das Mortes em Barroso, MG, aos 7 e 28 dias de idade

CP Nº	Diâmetro (mm)		Altura (h)	Idade (dias)	Data	Hora	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Variação (%)
	Ø	Ø							
5	99,02	99,52	197,52	7	25/09/2020	08:25	209,078	26,621	10,35
6	99,15	99,41	196,61	7	25/09/2020	08:31	187,430	23,864	
7	101,49	100,26	194,96	28	16/10/2020	08:16	261,667	33,316	0,21
8	101,46	99,60	195,28	28	16/10/2020	08:24	262,220	33,387	

Concreto Fck = 25, Sd = 4,0, Classe S 100, Misturador 10,5l, Conforme ABNT NBR 8953

Fonte: os autores, 2020

2.7.1.3 Concreto padrão c 25 adulterado com açúcar cristal, 0,47%; s100

Os efeitos do açúcar dependem, em grande parte, da quantidade usada, mas resultados conflitantes já foram observados. Aparentemente, quando utilizada de maneira cuidadosa, uma pequena quantidade de açúcar (cerca de 0,05%, em relação à massa de cimento) atua como um retardador aceitável e o retardo de pega é de cerca de quatro horas. (NEVILL, 2016).

Dosado com brita 0, na quantidade de 2,142kg; brita 1, na quantidade de 8,567Kg; areia artificial, na quantidade de 9,748Kg; cimento Portland CPC V RS, na quantidade de 3,027Kg; água fornecida pela concessionária COPASA Barroso, na quantidade de 1,748L; aditivo líquido

2.7.1.5 Concreto padrão c 25 adulterado com detergente 8%; s100

Dosado com brita 0, na quantidade de 2,142kg, brita 1, na quantidade de 8,567Kg; areia artificial, na quantidade de 9,748Kg; cimento Portland CPC V RS, na quantidade de 3,027Kg; água fornecida pela concessionária COPASA Barroso, na quantidade de 1,748L; aditivo líquido plastificante FK 97 – MC 21,19g, microfibra 12mm, na quantidade de 3,67g e detergente de cozinha, na quantidade de 4,54g. Os resultados dos ensaios de ruptura à compressão estão expostos na TAB. 5, abaixo.

Tabela 5 - Resultado do Ensaio à Compressão do Concreto Padrão com detergente 8%, aos 7 e 28 dias de idade.

CP Nº	Diâmetro (mm)		Altura (h)	Idade (dias)	Data	Hora	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Variação (%)
	Ø	Ø							
17	98,96	100,43	196,92	7	25/09/2020	08:37	88,727	11,297	2,18
18	99,42	99,49	195,47	7	25/09/2020	08:44	90,707	11,549	
19	100,24	98,27	195,86	28	16/10/2020	08:43	117,420	14,950	0,809
20	99,24	99,58	195,41	28	16/10/2020	08:49	116,463	14,829	
Concreto Fck = 25 Sd = 4,0 Classe S 100 Misturador 10,5l, Conforme ABNT NBR 8953									

Fonte: os autores, 2020

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento buscou, através de dosagens com diferentes contaminantes no concreto, investigar a resistência final à compressão de cada mistura de concreto contaminada aos 7 e 28 dias de idade.

Por ser o concreto um material aplicado em diversas obras de construção civil, sujeito constantemente às contaminações, como por exemplo, águas contaminadas, açúcar, óleos, detergentes e outros contaminantes orgânicos, conclui-se a necessidade de se preocupar com relação desses contaminantes nos componentes do concreto.

Portanto, os resultados obtidos pelos concretos fabricados com a água do Rio da Mortes, na cidade de Barroso, MG, e o concreto padrão adulterado com açúcar, dentro dos limites, sabendo que os efeitos do açúcar dependem, em grande parte, da quantidade usada, devido a isso resultados conflitantes já foram observados. Aparentemente, quando utilizada de maneira cuidadosa, uma pequena quantidade de açúcar (cerca de 0,05%, em relação à massa de cimento) aceitáveis pela literatura de Neville, Propriedades do Concreto 5ª Edição (2016), aos 7 e 28

dias, em relação ao concreto padrão fabricado pela empresa CIMEC, foram aprovados aos ensaios de resistência à compressão.

Contudo, as menores resistências encontradas nos concretos e que ficaram abaixo das resistências desejáveis, foram as do concreto padrão da usina, adicionado com o açúcar acima do permitido (cerca de 0,05 %, em relação a massa de cimento) pela literatura de Neville (2016), e o concreto adicionado com detergente. O concreto adicionado com açúcar, acima do que é permitido, cerca de 0,05 %, em relação à massa de cimento e ao concreto padrão, teve um resultado muito abaixo do esperado, que é 25 Mpa. Aos 7 dias de idade, não foi possível a realização da desforma do corpo de prova nem realizar o ensaio de resistência à compressão. Aos 28 dias de idade, o concreto contaminado com o açúcar acima do permitido, que é cerca de 0,05 %, em relação à massa de cimento, atingiu uma diferença muito alta em relação ao concreto padrão da usina CIMEC, Cimento e Concretos, com uma média de 32,162 Mpa. O concreto adicionado ao açúcar, acima do aceitável com uma resistência em média de 0,093 Mpa, subtraindo o valor do concreto padrão pelo valor obtido do concreto contaminado, chegou a uma diferença de 32,069 MPa.

Uma curiosidade observada sobre o concreto adicionado ao açúcar cristal na proporção de 0,47% em relação ao cimento Portland, que é uma quantidade aceitável de acordo com a literatura de Neville (2016), é que os resultados obtidos aos 28 dias de idade obtiveram uma resistência acima do concreto utilizado como parâmetro de comparação. O concreto com açúcar obteve uma resistência à compressão em média de 37,325 Mpa e o concreto padrão da usina CIMEC obteve uma resistência à compressão em média de 32,162 Mpa, isso comprova que o açúcar, sendo usado nas proporções corretas, não diminui a resistência do concreto de cimento Portland.

No concreto padrão contaminado com detergente, tanto na idade de 7 como 28 dias de idade, conseguiu-se a desforma. Porém, em relação ao concreto padrão da usina, houve uma resistência à compressão muito baixa, assim, reprovado para o uso em obras de construção civil. O concreto sujeito à contaminação, como visto nos resultados dos ensaios de resistência à compressão, não deve ser aplicado quando se encontram situações parecidas às simuladas neste trabalho.

Tendo em vista os resultados obtidos, conclui-se que, realmente, o concreto não pode sofrer a ação de contaminantes, como detergente e também açúcar em altas quantidades, visto que isso implica em grande perda da resistência à compressão.

Por fim, é imprescindível a necessidade de se avaliar todos os componentes do concreto previamente, para que se possa realizar a sua cultura construtiva da realização de projetos mais

responsáveis e que executem, conforme normatizações, os devidos procedimentos de fabricação do concreto.

REFERÊNCIAS

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. Controle tecnológico básico do concreto. **Ilha Solteira: [s. N.]**, 2002.

ARAÚJO, R.C.L.; RODRIGUES, L.H.V.; FREITAS, E.G.A. **Materiais de construção**. Rio de Janeiro, 2000. (Apostila).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5737**: Cimentos Portland resistentes a sulfatos. Especificação. Rio de Janeiro, 1992.

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

_____.**NBR 7212**. Execução de concreto dosado em centra. Rio de Janeiro, 1984.

_____.**NBR 7222**. Concreto e argamassa: determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

_____.**NBR 7225**. Materiais de pedra agregados naturais. Rio de Janeiro, 2013.

_____.**NBR 7680**. Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2015.

_____.**NBR 12655** - Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

BAUER, L. A Falcão. **Materiais de Construção**. Vol. 2. 5º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BICZÓK, I. **La Corrosion del Hormigon y su Proteccion**. 6a. ed. Bilbao: Urmo, 1972.BSI. EN 206-1 - Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity. p.69, 2005.

BOTELHO, M. H. C. **Concreto armado, eu te amo, para arquitetos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006, p. 34.

BOTELHO, M.H.C.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. Cadernos de Engenharia de Estruturas. n.8. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE – DNIT. **Norma Dnit 090/2006: Patologias Do Concreto – Especificação De Serviço**. In: Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR. Rio de Janeiro, 2006.

DURAR CYTED. **Manual for Inspecting Evaluating and Diagnosing Corrosion in Reinforced Concrete Structures**. 1a. ed. Rio de Janeiro: CYTED, 2000.

FIGUEIREDO, E. P. **Avaliação do desempenho de revestimentos para proteção da armadura contra a corrosão através de técnicas eletroquímicas-contribuição ao estudo de reparo de estruturas de concreto armado.** São Paulo, 1994.

FREIRE, K. R. R. **Avaliação do desempenho de inibidores de corrosão de armaduras do concreto.** 2005. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais) – Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2005.

GIONGO, J. S. **Concreto armado: projeto estrutural de edifícios.** EESC/SET, 2005.

GOODIER, C.I. **Development of self-compacting concrete.** Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Structures & Buildings 156. November, 2003 Issue SB4, pages 405-414. Paper 13118.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado.** 1. ed. São Paulo: PINI (IPT), 1986.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** Ed. G. C. Isaia - São Paulo: IBRACON, 2009.

INOVA CIVIL - **Tipos de concretos** - Disponível em: <<http://www.inovacivil.com.br>> Acesso Em: 12 nov. 2020.

LANNES, Caroline V. **Dimensionamento de Uma Concessionária de Veículos em Concreto Protendido.** Campos dos Goytacazes, UENF, 2005. Monografia de Graduação em Engenharia Civil.

LISBÔA, E. M. **Obtenção do concreto autoadensável utilizando o resíduo de serragem de mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas.** Tese de Doutorado – Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil, Universidade Federal De Alagoas. Maceió, 2004.

MEHTA, K.P.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2008.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo. PINI, 1994.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M., **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo. PINI, 2005.

MELLO, A. L. V. de. **Cálculo de lajes lisas com protensão parcial e limitada.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2005.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888p.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do concreto.** Porto Alegre: Bookman, 2013. 448p.

NUNES, S.C.B. **Betão Auto-Compactável: Tecnologia e Propriedades**. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Estruturas de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2001, 198 p.

PAULON, V.A. Reações álcali-agregado em concreto. **São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pós-Graduação em Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, 1981. 125p.

PETRUCCI, E. G. R.. **Concreto de cimento Portland**. São Paulo: Globo, 1998.

PITTA, Márcio Rocha; HURTADO DIAZ, P. S. **Estado-del-arte de los pavimentos de concreto compactado con rodillo**. ASOCEM, Asociacion de Productores de Cemento, 1994.

RIBEIRO, A.C.B.; ALMEIDA, I.R. Study on high performance roller compacted concrete. **Materiais and Structures**, Paris, v.33, p.p398 – 402, jul.2000.

GIAMUSSO, S. E., **Manual do concreto**, Ed. PINI, S. Paulo, Brasil (1999)

SBRIGHI NETO, C. **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. Ed. G.C. Isaías. São Paulo.

SCHMIDT ANDRADE, D. **II Curso de Treinamento Sobre medidas das Radiações**. Belo Horizonte, MG, IPR-CCTN,1972.

SOUZA, R. B. **Suscetibilidade de pastas de cimento ao ataque por sulfatos– método de ensaio acelerado**. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. 139p.

WERITZ, F.; TAFFE, A.; SCHAURICH, D.; WILSCH, G. Detailed depth profiles of sulfate ingress into concrete measured with laser induced breakdown spectroscopy. **Constructon and Building Materials**. vol. 23, pp. 275 – 283, 2009.