



**IX Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG
& VII Salão de Extensão**

<http://ojs.fsg.br/index.php/pesquisaextensao>

ISSN 2318-8014



**ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO PARA
DIFERENTES MÉTODOS DE FABRICAÇÃO**

Angela Bonatto Rigo^a, Fernanda Monego^a, Vitória Colla de Lima^a, Gustavo Alberto Ludwig^{a*}

a) Curso de Engenharia Civil, Faculdade da Serra Gaúcha, Caxias do Sul, RS.

Informações de Submissão

*Dr. Gustavo Alberto Ludwig, endereço: Rua Os Dezoito do Forte, 2366. Caxias do Sul – RS.
CEP: 95020-472.
E-mail: gustavo.ludwig@fsg.edu.br
(bonattorigo.angela@gmail.com)

Palavras-chave:

Concreto. Resistência. Cura.
Compressão.

Resumo

O concreto vem sendo um material muito comum e com grande aumento na sua usabilidade, fazendo com que as tecnologias, para melhoramento das suas características, estejam em pauta em muitos trabalhos acadêmicos, inclusive nas indústrias. No presente trabalho optou-se por analisar a compressão do concreto em diferentes tempos de cura, juntamente com os dois tipos de fabricação - manual e mecânico. Conclui-se que para obter uma compressão que seja efetiva, ou seja, que faça o concreto ser mais resistente é necessário seguir corretamente o passo a passo da fabricação do concreto e respeitar fatores que podem influenciar nessa resistência, tais como temperatura, tempo e tipo de cura, relação água/cimento e método de produção.

1 INTRODUÇÃO

Quando se fala em “revolução futurística”, a primeira coisa que vem à cabeça são carros voadores e robôs em todo lugar, mas não se comenta que uma dessas grandes revoluções foi o surgimento do concreto. Ele é um dos materiais mais utilizados no mundo e seu uso está cada vez mais constante.

Utilizado desde as construções do Império Romano, o concreto é um dos materiais mais comuns na construção civil, por ser fácil de manusear, grande durabilidade e um bom custo-benefício (TRINDADE, 2017). De acordo com Nabal (2019), o concreto é um produto relativamente novo, sendo que por volta do século XIX ainda se utilizava apenas madeira e tijolos, isso porque a madeira era abundante. Porém perceberam que ela tinha uma durabilidade baixa e de alto risco de incêndio, sendo assim, começaram substituí-la por pedras.

Para Neville (2013), de modo geral e sucinto, concreto é qualquer produto produzido a partir de um meio cimentante, sendo geralmente a reação entre um cimento hidráulico e água. É o resultado da mistura de cimento, areia e brita, e isso, quando em contato com a água, forma uma pasta. Essa pasta é um agregado de partículas aglomeradas, permitindo que o material se molde em qualquer forma. Quando o processo de desidratação se inicia, inicia-se também o processo de cura (endurecimento), dando resistência mecânica ao concreto e deixando-o com grande desempenho estrutural, podendo, dessa forma, ser aplicado nos mais variados lugares (MARTINS, 2005).

Este trabalho tem por objetivo verificar e comparar as características mecânicas do concreto, em dois tipos diferentes de curas, a partir de ensaio de compressão, o qual será feito de maneira supervisionada em laboratório específico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Componentes do concreto

2.1.1 Cimento

Segundo Neville (2016), cimento pode ser descrito como um material com propriedades adesivas e coesivas, que o tornam capaz de unir minerais na forma de uma unidade compacta. Tratando-se de construção, o termo é restrito a materiais como pedras, areia e tijolos. Os principais constituintes são compostos de calcário. Por possuir a capacidade de reagir quimicamente com a água, os cimentos utilizados na confecção do concreto são denominados de cimentos hidráulicos. O cimento Portland (CP), o mais utilizado na construção civil, foi patenteado por Joseph Aspadin, em 1824, e de baixo calor de hidratação (BC), sendo que cada um tem uma função específica. O cimento utilizado no experimento em questão foi o Cimento Portland Pozolânico (CP IV).

Denomina-se Cimento Portland o cimento obtido pela queima, à temperatura de clinquerização, de uma mistura íntima de materiais calcários e argilosos ou de outros materiais que contenham sílica, alumina e óxidos de ferro e pela posterior moagem do clínquer resultante (NEVILLLE, 2016).

Existem diversos tipos de Cimento Portland, como o comum (CP I), composto (CP II), alto forno (CP III), pozolânico (CP IV), de alta resistência inicial (CP V-ARI), resistente a sulfatos (RS) e de baixo calor de hidratação (BC), sendo que cada um tem uma função específica. O cimento utilizado no experimento em questão foi o Cimento Portland Pozolânico (CP IV).

O CP IV recebe o nome de pozolânico por conter materiais pozolânicos em sua composição, ou seja, sua origem é de rochas vulcânicas ricas de sílica não cristalina e principalmente pedrapome. Conforme a norma NBR 16697:2018, esse cimento é constituído por 45% a 85% de clínquer e gesso, 0 a 5% de escórias (fusão de impurezas do minério de ferro, calcário, dolomita e cinzas), 15 a 50% de pozolanas e 0 a 5% de material carbonatado (ZAMPIERI, 1993).

O Cimento Portland, por ser um cimento não puro, se torna mais vantajoso, pois deixa a massa mais plástica melhor para se trabalhar, diminui a separação dos outros agregados (brita e areia), deixa o concreto mais impermeável e com maior resistência a produtos químicos. Dessa forma, pode ser indicado para qualquer tipo de obra, principalmente para ambientes agressivos como esgotos, obras marítimas e barragens, isso porque é um cimento estrutural que possui excelente resistência mecânica e também química (GRAZIELA, 2018).

2.1.2 Água

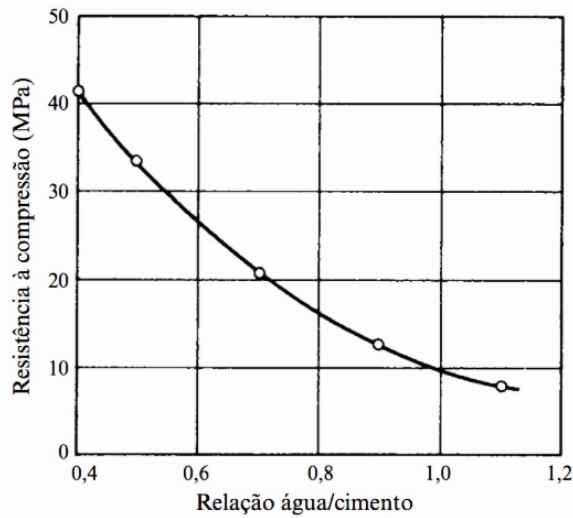
A quantidade de água utilizada na produção do concreto também tem influência em diversas propriedades fundamentais do material, como: densidade, compacidade, porosidade, permeabilidade, capilaridade, fissuração e resistência mecânica (GIDRÃO, 2014).

A relação água/cimento está atrelada aos “vazios” existentes no concreto, ou seja, a porosidade (SOUSA, 2012).

A relação água/cimento determina a porosidade da pasta de cimento. Segundo Gidrão (2014), há uma relação inversa entre a porosidade das rochas e sua densidade, o que pode alterar o módulo de elasticidade do concreto e também seu desempenho.

A Figura 1 a seguir, demonstra a resistência à compressão do concreto em relação à água/cimento para um determinado material.

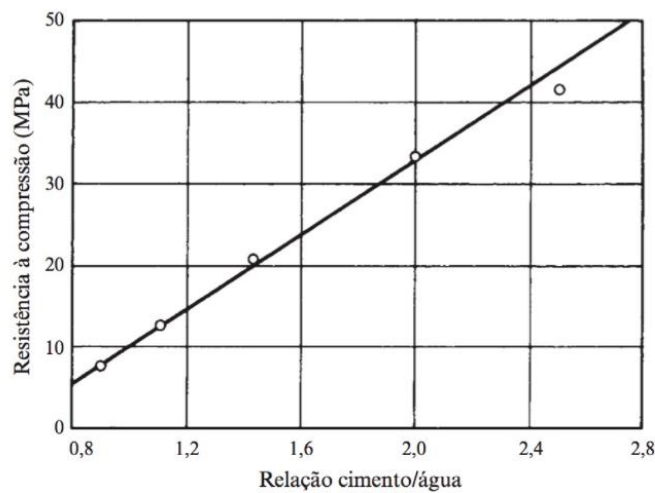
Figura 1 - Resistência à compressão em função da relação água/cimento aos 7 dias de concreto com CP V - ARI



Fonte: NEVILLE, 2016

Segundo Neville (2016), a figura acima mostra uma espécie de hipérbole $y=k/x$, em que Y plotado em relação a $1/x$ resulta em uma linha reta. Este formato pode ser observado a seguir, na Figura 2 que mostra a resistência associada a relação cimento/água:

Figura 2 - Resistência à compressão em função da relação cimento/água aos 7 dias de concreto com CP V - ARI



Fonte: NEVILLE, 2016

2.1.3 Agregados

Os agregados que compõem o concreto devem ser analisados de maneira cuidadosa. Composto cerca de $\frac{3}{4}$, interferem diretamente nas propriedades do material, podendo afetar sua durabilidade e desempenho estrutural (NEVILLE, 2016).

Além disso, a utilização de agregados é positiva economicamente, pois é capaz de aumentar o volume do concreto, a um custo mais baixo que o cimento (NEVILLE, 2016).

De acordo com Almeida (2012), os agregados, de forma geral, podem ser classificados quanto à origem, à massa unitária e ao tamanho:

- Origem:

- Naturais: são encontrados na natureza, e não requerem benefícios além de peneiramento e lavagem. Exemplo: areia de rio, areia de cava e pedregulho.

- Artificiais: Necessitam passar por processo de britagem para poderem ser utilizados. Exemplo: pedra britada, pedrisco e pedregulho britado.

- Pesados: $>1,7 \text{ kg/dm}^3$. Exemplo: hematita, magnetita, barita e limonita.

- Tamanho:

- Miúdo: grãos que passam por peneira ABNT 4,8mm, mas ficam retidos em peneira ABNT 0,075mm

- Graúdo: Grãos que passam por peneira de malha com abertura 152mm e ficam retidas na peneira ABNT 4,8mm.

Como já citado anteriormente, os agregados tendem a reduzir o custo do concreto, no entanto deve ser dosado corretamente. A areia, por exemplo, quando muito fina, exige maior consumo de água e conseqüentemente de cimento, aumentando o custo. Por outro lado, quando muito grossa, produz um concreto áspero e com baixa trabalhabilidade.

Na definição de Mehta e Monteiro (2014), com exceção do tipo leve, a resistência do agregado não limita a do concreto, pois a partícula é mais resistente que a pasta. Sendo assim, a interferência do agregado no concreto, não está em sua resistência, mas sim na sua dimensão, forma, textura e granulometria. Quanto maior a quantidade de agregado graúdo com alto módulo de deformação na mistura, maior é o módulo de elasticidade do concreto (GIDRÃO, 2014).

Definindo-se bem uma granulometria dos agregados tem-se uma redução dos espaços vazios do concreto e conseqüentemente um aumento na resistência dele. Sendo assim, agregados de forma angular e superfície áspera, resultam em um concreto mais resistente à compressão quando a relação a/c é constante, segundo Li (2011).

2.1.4 Aditivos

Segundo Petrucci (1978), os aditivos são substâncias adicionadas ao concreto para alterar positivamente alguma de suas características.

O uso de determinado aditivo se faz necessário quando se necessita de um concreto com características especiais. De acordo com estudos de Mehta e Monteiro (2014), os aditivos podem alterar as propriedades do concreto no seu estado físico fresco ou endurecido, alterando na maioria das vezes a ampliação da sua qualidade e a minimização de suas deficiências.

Hartmann e Helene (2003) afirmam que o uso de aditivos superplastificantes é um dos avanços mais significativos na tecnologia do concreto. Este tipo de aditivo, torna o concreto de alta resistência e fluído. Além disso, os aditivos superplastificantes podem ser usados como elemento indutor de redução de água, propiciando desta forma um bom resultado na resistência à compressão. As adições minerais também utilizadas no concreto permitem uma redução de custo, podendo melhorar a resistência do concreto à fissuração térmica e ao ataque por sulfato (HARTMANN E HELENE, 2003).

Estudos de Silva e Helene (1993) comprovaram a eficiência da adição de sílica para obter um concreto com alta durabilidade e maior resistência à compressão.

Na ABNT NBR 11768-1:2019 são apresentadas as principais funções dos aditivos para o preparo do cimento Portland. Abaixo, algumas das principais funções dos aditivos e adições minerais:

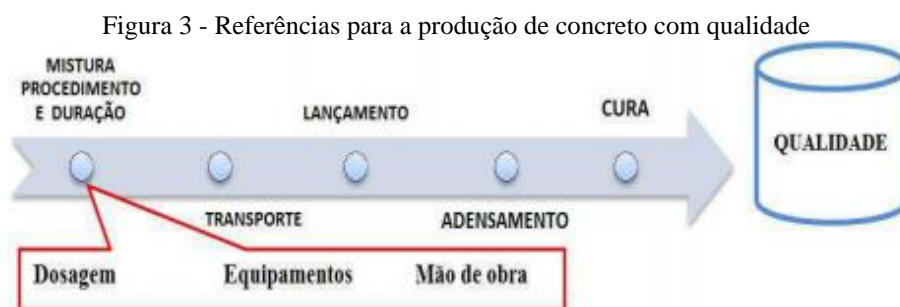
- Melhoria na durabilidade;
- Redutor de água;
- Aumento de resistência;
- Modificador de pega.

Portanto, pode-se observar que para cada situação existe um tipo específico de aditivo e deve ser utilizado na medida correta e de acordo com a função desejada. Além disso, Tutikian e Helene (2011) destacam a importância da avaliação de cada caso e necessidade do uso dos aditivos, pois eles podem modificar o grau de hidratação do cimento.

2.2 Produção do concreto

Para a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil, ABESC (2007), a obtenção de um concreto com qualidade envolve a homogeneização da mistura, aplicação e cura adequada. Para o aumento de vida útil a dosagem, equipamentos e mão de obra, devem ser observados durante todo o processo de produção.

O processo produtivo do concreto é caracterizado como sequencial. Na Figura 3, pode-se observar este processo.



Fonte: GIDRÃO, SANTOS, 2013

O método utilizado para a mistura dos componentes do concreto tem pouca influência no resultado final, no entanto, de acordo com o Portal ConstruFácil RJ (2013), quando se faz a mistura por meio de uma betoneira o resultado torna-se mais homogêneo do que o feito a mão. Segundo Santos (2014), a Norma NB-1/77, Item 12.3, prevê que o concreto com mistura manual apenas deve ser utilizado em obras de pequena importância, que não exijam maiores responsabilidades do concreto, que justifique o emprego de maquinário específico.

2.2.1 Dosagem

Segundo Petrucci (1978) a qualidade do concreto no seu estado endurecido, é a primeira função na qualidade de seus materiais constituintes.

O principal objetivo do estudo da dosagem do concreto é estabelecer a proporção ideal, entre suas partes constituintes. Este estudo, deve considerar a relação entre o cimento e o agregado, a divisão de miúdo e graúdo e também como é a relação da água com os materiais secos.

Pedroso (2009) afirma que uma ação de dosagem, tem reflexo nas propriedades transitórias e finais do concreto e devido a isso, a sua padronização e normalização se faz necessária.

A ABNT NBR 12655:2015 diz que o estudo de dosagem deve ser realizado com antecedência em relação ao início da concretagem, e deve ser refeito toda vez que ocorrer alguma alteração de marca, tipo ou classe do cimento que irá ser utilizado.

2.2.3 Cura

A cura é um dos fatores que influencia na resistência do concreto, ela é essencial para que haja reações químicas de hidratação entre os componentes presentes (SOUSA, 2012), as quais ajudam no melhoramento da resistência mecânica e aumento da vida útil do concreto. A partir dela também se mantém a umidade do concreto o que evita formação de fissuras (pequenas rachaduras) no material, as quais são provocadas pela retração (diminuição do volume do concreto pela eliminação da água contida nele), segundo estudo realizado por alunos do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).

Segundo Bauer (2001), a cura do concreto é uma maneira de evitar a evaporação da água utilizada na mistura dos agregados, a qual reage com o cimento hidratando-o, dessa forma, ajuda na resistência mecânica de ruptura e de desgaste, aumenta a impermeabilidade e reduz o ataque de agentes químicos. Outro fator citado por Bauer foi que a cura em água reduz a retração da peça quando o concreto está na fase de pouca resistência. É preciso uma quantidade mínima de água no interior do concreto, durante o processo de cura, para que haja hidratação e tenha uma boa trabalhabilidade (BOTELHO; MARCHETTI, 2010).

Para que o concreto não sofra alterações na sua hidratação, alterando deste modo a resistência final, a umidade relativa do ambiente deve ser mantida no mínimo em 80%. Com a umidade em 80%, não ocorre troca de água presente no concreto com a do ar, desta forma a presença da cura não é necessária. Entretanto, para que isso seja válido, o concreto não deve ter nenhuma outra intervenção, como exposição ao vento, troca de calor ou raios solares para não ocorrer aquecimento da peça, ou seja, troca de calor com o ar ambiente.

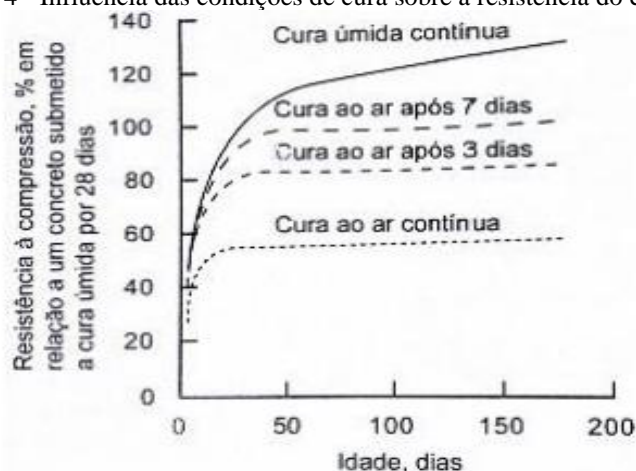
Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), “*elementos estruturais de superfície devem ser curados até que atinjam resistência característica à compressão [...] igual ou maior que 15 MPa*”.

Um estudo feito pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, apresentou diversos métodos de cura do concreto sendo: cura úmida, submersa, química, normal (sem cura), à vapor, elétrica e térmica. Dentre essas, a cura úmida é a mais utilizada. Ela é feita pelo processo de molhagem contínua (imersão ou submersão), sendo a água sem adição de agentes agressivos, e com

temperatura controlada. Esse método deve ser iniciado logo após o início da hidratação do cimento (duas ou três horas depois do lançamento).

A cura, como mencionado anteriormente, é um processo importante para que se obtenha maior eficiência do concreto em relação à sua resistência. Na Figura 4, por exemplo, vê-se a influência das condições de cura, sendo que após um certo período, a resistência do concreto não sofre relativo aumento com o passar dos dias de cura.

Figura 4 - Influência das condições de cura sobre a resistência do concreto



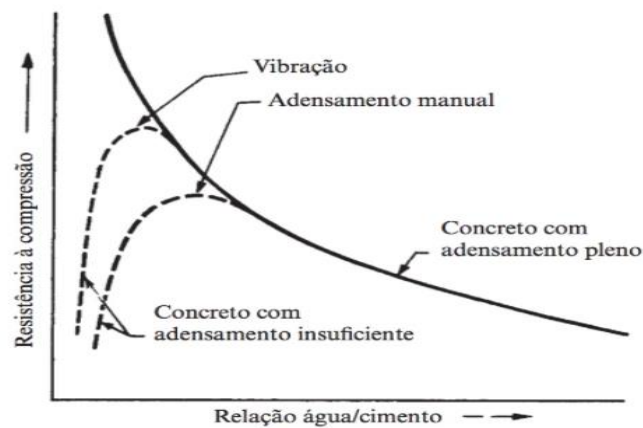
2.3 Resistência à compressão

O concreto de cimento Portland pertence à classe das cerâmicas, e assim como os outros materiais pertencentes a este grupo é caracteristicamente frágil, sendo seu limite à tração cerca de 10 a 15 vezes mais baixo comparado ao de compressão, (CALLISTER et. al. 2021).

2.3.1 Relação água/cimento

Segundo Neville (2016), quando o concreto está adensado (denso, espesso), sua resistência é inversamente proporcional à relação a/c. Porém, vê-se na Figura 5 que na prática essa relação é limitada, pois a curva muda quando não se pode mais adensar o concreto quando a relação a/c é baixa. Neville também afirma que essa relação a/c é o fator que mais está relacionado com a resistência do concreto, como já dito anteriormente.

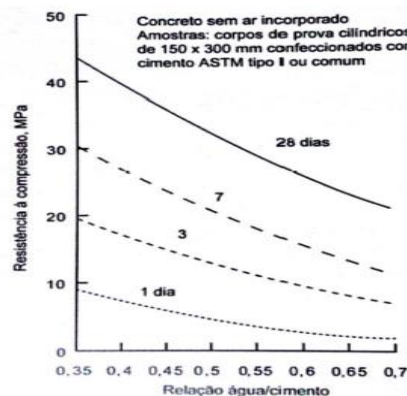
Figura 5 - Relação entre a resistência à compressão e a relação a/c do concreto



Fonte: Neville (2016, p. 286)

Para Mehta e Monteiro (2014), a relação entre água/cimento e a resistência, está ligada com o aumento da porosidade, causada pelo aumento da relação a/c, resultando em um enfraquecimento da matriz. Por exemplo, em concretos com baixa e média resistência a porosidade é determinante na resistência, mantendo a relação direta entre a/c e a resistência do concreto. Por outro lado, a resistência à compressão pode aumentar de forma desproporcional com reduções pequenas na relação a/c quando o cimento for de alta resistência, conforme se observa na Figura 6.

Figura 6 - Influência da relação a/c e idade de cura na resistência do concreto



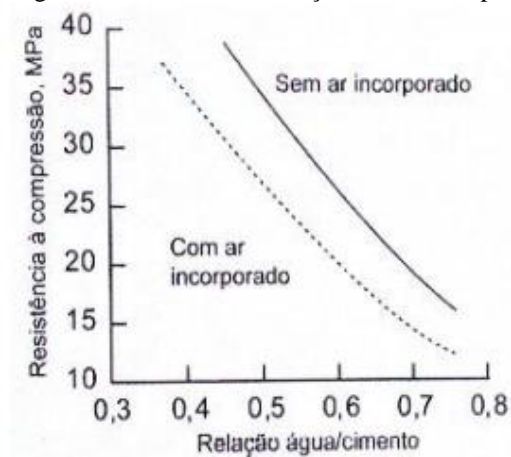
Fonte: Mehta e Monteiro (2014, p.56).

2.3.2 Porosidade

A porosidade pode se tornar um limitador de resistência do concreto, por isso deve-se levá-la em conta, pois o volume de vazios (bolhas de ar) contidos no concreto influencia na sua resistência (MEHTA; MONTEIRO, 2014; NEVILLE, 2016).

Para Mehta e Monteiro (2014), essa porosidade aumenta quando vazios de ar se incorporam ao cimento, ou quando o concreto é adensado de forma incorreta, ou adição de aditivos químicos, fazendo com que essa quantidade de espaços vazios reduza a resistência do concreto. Na Figura 7 observa-se, juntamente com a relação a/c, a variação de resistência com ou sem ar incorporado, definindo novamente, que quanto mais ar menor a resistência.

Figura 7 - Influência da relação a/c, ar incorporado



Fonte: Mehta e Monteiro (2014, p.57)

3.4 Ensaio de compressão

Os estudos feitos com o concreto a ser usado são muito importantes para analisar-se o melhor aproveitamento do material. Um desses estudos é o ensaio de resistência à compressão, o qual mede a resistência do concreto quando aplicado uma força sobre o corpo de maneira que as extremidades tendam a se aproximar. Nesse ensaio podem-se alterar as variáveis como controle de umidade, tempo de cura, tamanho do corpo de prova, e fazer o estudo conforme a necessidade.

A resistência do concreto está relacionada com a tensão necessária para que haja ruptura, mesmo que sejam pequenas fissuras no interior do corpo de prova (MEHTA; MONTEIRO. 2014). Essa resistência é determinada pela norma NBR 5739:2018, sendo aplicada para corpos de prova de forma cilíndrica.

O ensaio é feito colocando um corpo de prova em uma máquina que aplica uma pressão com velocidade constante (entre $0,45 \pm 0,15$ MPa/s) até que haja ruptura.

A resistência à compressão é calculada a partir da equação

$$f_c = 4F / (\pi \times D^2).$$

f_c = resistência à compressão (MPa)

F = força máxima alcançada (N)

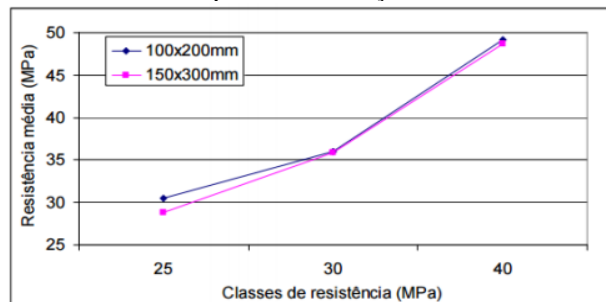
D = diâmetro do corpo de prova (mm)

Existem diversos fatores que influenciam na resistência à compressão: Relação a/c, porosidade, agregados graúdos, temperatura, cura e tamanho e forma dos corpos de prova.

No Brasil, utilizam-se corpos de prova cilíndricos, medindo geralmente 100 mm x 200 mm e 150 mm x 300 mm. Deve-se atentar que isso pode variar conforme o país, Estados Unidos, por exemplo, tem como padrão cilindros de dimensão 150 mm x 300 mm, porém a norma britânica diz que os corpos podem ser cubos e prismas também, sem dimensionamento definido.

Uma pesquisa de Martins (2008) fez a comparação de resistência com corpos de provas de 100 mm x 200 mm e 150 mm x 300 mm (Figura 8), e chegou a conclusão que a diferença é tão pequena que pode ser desprezada.

Figura 8 - Resistência média à compressão em função da classe de resistência do concreto



Fonte: Martins (2008, p. 85).

3 METODOLOGIA

Materiais utilizados:

- Cimento Pozolânico CP IV - 32 Argamassa Pampa;
- Água;
- Areia;
- Brita n° 0 e 1;
- Betoneira;
- Moldes;

Para a realização do trabalho, fizeram-se os corpos de prova no laboratório de Engenharia Mecânica no Campus Sede do Centro Universitário da Serra Gaúcha - FSG, município de Caxias do Sul - RS.

O traço do concreto, ou seja, as proporções de material para a confecção do concreto podem ser observadas na Tabela 1:

Tabela 1 - Traço do concreto

Tipo	Traço	a/c	Cimento	Areia	Brita 1	Brita 0	Brita Total
Rico	1:3,5 1:1,92:1,58	0,51	1,00	1,92	0,79	0,79	1,58

Segundo o Almanaque da Construção (2018), fazer o concreto manualmente ou mecanicamente (em betoneira, por exemplo), dificilmente resultará em resultados diferentes se os dois modos seguirem o passo a passo correto abaixo:

Manualmente:

1. Espalhar a areia em uma camada de aproximadamente 15 cm;
2. Adicionar o cimento e misturando-o homogeneamente com enxada ou pá;
3. Misturar a brita.;
4. Espalhar a mistura (camada de aproximadamente 20 cm de altura);
5. Abrir um espaço no meio com pá ou enxada;
6. Adicionar aos poucos a água, ir misturando de maneira que a água não vaze (o ideal seria fazer em uma);
7. Misturar até que o concreto adquira consistência para ser moldada.

Mecanicamente:

1. Ligar a betoneira e colocar a brita com metade da quantidade de água, deixando girar por um minuto;
2. Colocar aos poucos a quantidade de cimento;
3. Adicionar a areia e, ao mesmo tempo, a segunda metade de água;
4. Deixar girar por 3 ou 4 minutos;

Para o ensaio em questão, o concreto foi preparado das duas maneiras, mecanicamente e à mão. E para a confecção dos corpos de prova foram utilizados moldes, como os mostrados na Figura 9a. Seguindo a NBR 5739:2018 os corpos de prova passaram por cura úmida em um tanque, como mostra a Figura 9b:

Figura 9: Corpos de prova: a) moldes utilizados para fazer os corpos de prova e b) cura úmida.

a)



b)



Fonte: Autores

Os ensaios de compressão foram realizados em uma máquina Emic DL30000N, foram analisadas amostras de concretos feitos à mão e em betoneira com diferentes tempos de cura.

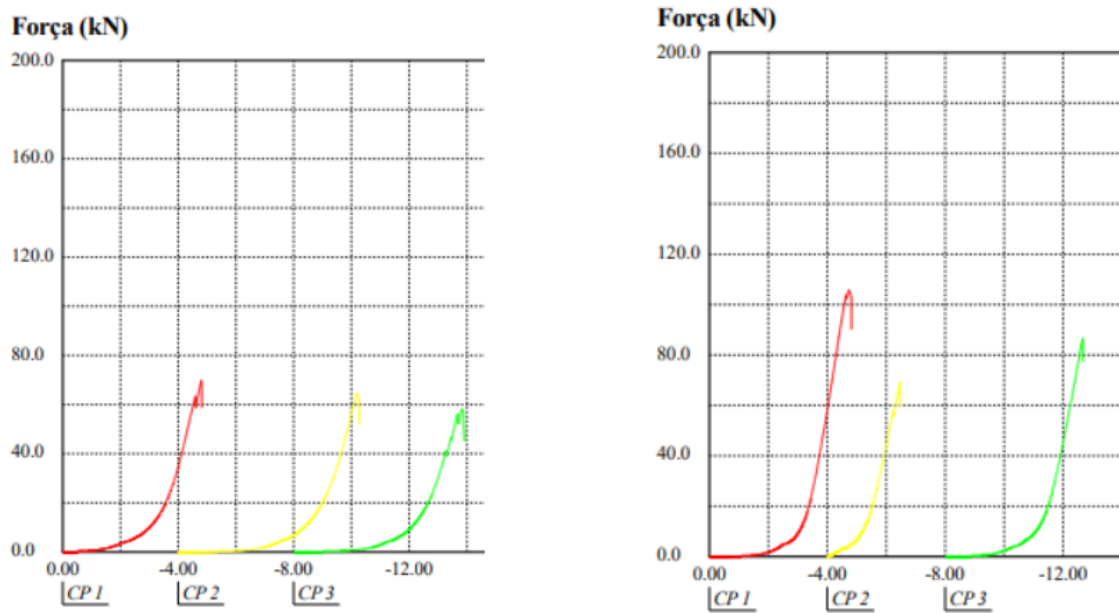
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Primeiramente, serão apresentados os resultados do concreto feito à mão. Na Figura 10a observa-se o gráfico dos três corpos de prova, com um tempo de cura de sete dias e na Figura 10b, com um tempo de cura de quatorze dias.

Figura 10 - Gráfico ensaio de compressão de concreto feito à mão com tempo de cura de sete e quatorze dias.

a)

b)



Fonte: Autores

Em seguida, na Tabela 2, os dados referentes a este ensaio.

Tabela 2 - Dados do ensaio de compressão do concreto feito à mão com tempo de cura de sete e quatorze dias

Tempo de Cura (dias)	Força Máx. (kN)	Tensão Máx. (MPa)	Tensão Rup. (MPa)	Módulo Elasticidade (MPa)	Deformação (mm)
7	64,41±5,81	8,20±0,74	8,02±0,75	-52,13±17,56	-5,65±0,76
14	87,55±18,20	11,15±2,31	10,95±2,02	-115,5±64,36	-3,99±1,31

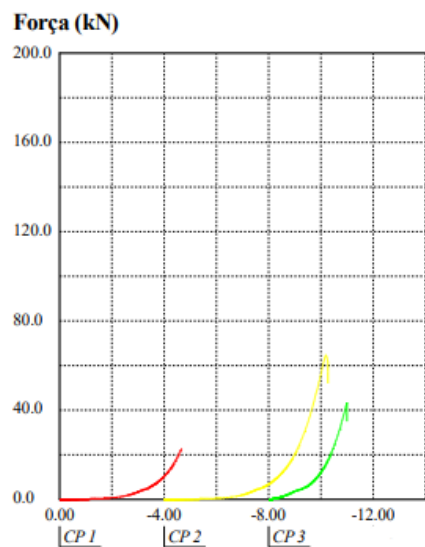
Fonte: Autores

Para os ensaios dos corpos de prova feitos a mão, pode-se observar que os corpos tiveram resultados variáveis, porém suas resistências foram maiores com o passar do tempo. Dessa forma percebe-se a importância da cura para a resistência do concreto, como já citado anteriormente por Sousa, 2012. Para o ensaio de 14 dias a força média foi de 87.550 N e a tensão de ruptura (média) foi de 10,95 MPa, comprovando novamente que quanto maior a cura, maior será a resistência do concreto, ou seja, maior será a sua dificuldade de se romper.

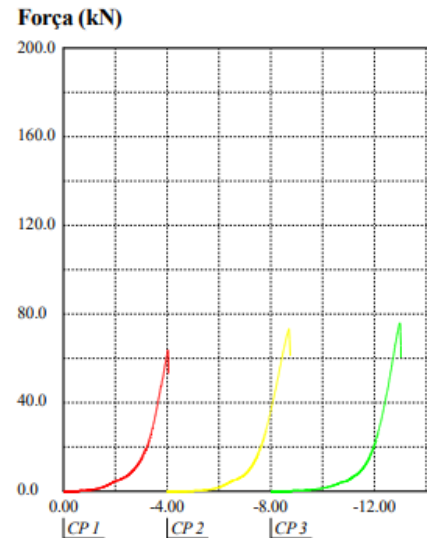
Na Figura 11a, observam-se os resultados do concreto feito na betoneira, os gráficos dos corpos de prova, com um tempo de cura de sete dias e na Figura 11b, com um tempo de cura de quatorze dias.

Figura 11 - Gráfico ensaio de compressão de concreto feito em betoneira com tempo de cura de sete e quatorze dias.

a)



b)



Fonte: Autores

Diferentemente dos corpos de prova feitos manualmente, os resultados dos corpos de prova feitos na betoneira foram abaixo do esperado. Quando feitos a mão a força média era 64.410 N e a tensão de ruptura média era 8,027 MPa na cura de sete dias, agora os realizados na betoneira a força média reduziu para 43.660 N e a tensão de ruptura média passou para 6,687 MPa na cura de quatorze dias.

Na Tabela 3 encontram-se os dados referentes ao ensaio para os corpos de provas feitos na betoneira.

Tabela 3 - Dados do ensaio de compressão do concreto feito em betoneira com tempo de cura de sete e quatorze dias.

Tempo de Cura (dias)	Força Máx. (kN)	Tensão Máx. (MPa)	Tensão Rup. (MPa)	Módulo Elasticidade (MPa)	Deformação (mm)
7	43,66±21,08	5,55±2,68	6,68±1,68	-55,96±44,27	-4,64±2,31
14	71,08±6,51	9,05±0,82	8,91±0,76	-67,54±8,44	- 4,58±0,5

Fonte: Autores

Houve uma variação nos resultados obtidos na cura de 7 dias, isso pode ocorrer devido a diversos fatores, entre eles a fabricação do concreto, o tempo de cura ou o mal funcionamento da máquina de ensaio de compressão, sendo interessante repetir os ensaios.

Por fim, na cura de quatorze dias dos corpos feitos na betoneira, obteve-se resultados mais parecidos entre um corpo de prova e outro, porém os valores de força e tensão de ruptura média continuam sendo menores que os valores dos CP's feitos à mão. E como dito anteriormente, a diferença se deve a vários fatores, sendo necessário repetir alguns ensaios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde o Império Romano, o concreto vem sendo um material de grande auxílio nas construções civis, tanto por ter uma boa trabalhabilidade quanto por seu custo-benefício favorável. No entanto, para que se faça sempre o melhor uso desse material, é preciso que ele seja feito de maneira correta, como respeitar o traço, a qualidade dos materiais, o tempo de cura e a temperatura adequada. Assim se terá um concreto com boa resistência à compressão, o que evitará retrabalhos.

No experimento realizado, observou-se que o concreto feito manualmente apresentou maior resistência quando comparado ao concreto feito mecanicamente, ou seja, em betoneira, mesmo sabendo que a mistura manual é um processo impreciso, visto que depende diretamente da ação humana, ou seja, a mistura não é feita sempre na mesma velocidade e com movimentos uniformes, por exemplo. Recomenda-se uma verificação mais precisa durante todas as etapas, de ambos os processos, como por exemplo: adição dos agregados, tempo de cura e acompanhamento direto do ensaio de compressão, além de atentar-se para que a mistura seja feita de forma mais homogênea possível, a fim de que não se criem pontos de falha.

5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Silvio Martins de et al. **Análise do módulo de elasticidade estático e dinâmico do concreto de cimento Portland através de ensaios de compressão simples e de frequência ressonante.** 2012.
- ALVES, Rogério. **Resistência mecânica de concreto de cimento Portland: correlação de ensaio à compressão axial com esclerometria.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16889: **Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: **Execução de estruturas de concreto - Procedimento.** 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: **Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento.** 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11768-1: **Aditivos químicos para concreto de cimento Portland - Parte 1: Requisitos.** 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: **Cimento Portland - Requisitos.** 2018.
- BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 471 p.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto Armado, eu te amo.** 6. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 507 p.
- CALLISTER, William D.; RETHWISCH, David G. **Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma introdução.** Editora LTC, 10ª Ed. Rio de Janeiro, 2021.
- CARVALHO, J. D. N. DE. **Sobre as origens e desenvolvimento de concreto.** Revista Tecnológica, v. 17, n. 1, p. 95-112, 6 jan. 2010.
- CASA DO CONSTRUTOR. **Qual a melhor forma de misturar concreto: à mão ou usando a betoneira?** Almanaque da Construção, 2018. Disponível em: <<https://info.casadoconstrutor.com.br/almanaque/dicas/qual-a-melhor-forma-de-misturar-concreto-a-mao-ou-usando-a-betoneira/>>. Acesso em 30 de jun. de 2021.
- GIDRÃO, Salmen Saleme et al. **Avaliação experimental do grau de confiabilidade dos ensaios à compressão do concreto efetivados em laboratórios.** 2014.
- KUMMER, Lucas Marcel. **Resistência à compressão e módulo de elasticidade dos concretos de uma central dosadora de concreto de Lajeado/RS.** Lajeado, 2016. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1415/1/2016LucasMarcelKummer.pdf>>. Acesso em 02 de jun. de 2021.
- LI, Zongjin. **Advanced concrete technology.** Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.
- MARTINS, Danilo Gomes. **Influência do tamanho do corpo de prova nos resultados de ensaios de módulo de deformação e resistência à compressão e suas correlações para concretos produzidos em Goiânia-GO.** Goiânia: UFG, 2008.
-

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, J. M. Paulo. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2 ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. Ed. Pini. São Paulo. 1994. 309 p.

NARBAL, Marcellino. **Concreto armado é solução durável e econômica**. Disponível em <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/concreto-armado-e-solucao-duravel-e-economica_699301>. Acesso em: 02 de junho de 2021.

NEVILLE, A. M. **Tecnologia do concreto**. Traduzido por Ruy Alberto Cremonini. 2ª Edição, Porto Alegre-RS, 2013.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Traduzido por Ruy Alberto Cremonini. 5ª Edição, Porto Alegre-RS, 2016.

NEWMAN, John.; CHOO, Ban Seng. **Advanced concrete technology: concrete properties**. Oxford: Elsevier, 2003.

PETRUCCI, ELÁDIO G. **Concreto de Cimento Portland**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1978.

POZOSUL. **Conheça quais são os benefícios do cimento CP IV**. Disponível em: <<http://cimentopozosul.com.br/conheca-quais-sao-os-beneficios-do-cimento-cpiv/>>. Acesso em 02 de jun. de 2021.

SANTOS, Ronaldo Gonçalves dos. **Produção do Concreto Hidráulico**. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Salvador – BA, 2014.

SILVA, Andressa Varela da Rocha et al. **Influência do processo de cura em concreto convencional em seis idades**. Rio Grande do Norte, 2012. Disponível em: <<https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/2954/2183>>. Acesso em 26 de maio de 2021.

SOUSA, Gabriela Gonçalves de et al. **Influência dos procedimentos de ensaio à compressão de corpos-de-prova cilíndricos no controle de qualidade do concreto**. 2012.

TRINDADE, Juliana Corrêa. **A influência do teor de agregados reciclados provenientes de concretos simples com diferentes resistências no comportamento ao atrito-cisalhamento**. Dissertação de mestrado- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE (UENF). CAMPOS DOS RJ. MARÇO, 2017. 140 p.

TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo R. L. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**. São Paulo: IBRACON, 2012.

ZAMPIERI, Valdir Aparecido. **Cimento Portland aditivado com pozolanas de argilas calcinadas: fabricação, hidratação e desempenho mecânico**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44135/tde-25062015-102757/pt-br.php>>. Acesso em 02 de jun. de 2021.
