



ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA O AMASSAMENTO DO CONCRETO

André Luis Prado

Graduando em Engenharia Civil, UNIARA, Araraquara – SP, andreprado10@hotmail.com

José Eduardo de Mendonça

Mestre em Ciência dos Alimentos, UNIARA, Araraquara – SP, josedu.mendonca@yahoo.com.br

José Eduardo Quaresma

Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento, UNIARA, Araraquara – SP, quaresma@gmail.com

Resumo: A água é um recurso essencial na vida humana e seu consumo é amplo. Por ser um recurso finito é de extrema importância na construção civil é que se observa a necessidade de se repensar formas de reaproveitamento de água. Uma das formas de se obter água sustentável com baixo custo pode ser através da captação da água pluvial, ou água de chuva. Baseado na norma NBR 15900:2009 foi estudada a substituição da água do sistema de abastecimento público ou de poço artesiano no amassamento do concreto por água da chuva coletada em telhado cerâmico e de fibrocimento residencial no município de Araraquara/SP. Foram feitos corpos de prova nos quais foram realizados os ensaios físicos de resistência à compressão verificando-se que o concreto obteve a resistência desejada segundo a norma, para demonstrar a viabilidade técnica da utilização da água de chuva para amassamento do concreto, obtendo-se uma redução de custos e produção sustentável do concreto.

Palavras-chave: Água pluvial. Amassamento do concreto. NBR 15900:2009.

STUDY OF THE TECHNICAL FEASIBILITY OF THE ADVANCE OF PLUVIAL WATER FOR CONCRETE PULLEY

Abstract: Water is an essential resource in human life and its consumption is broad. Being a finite resource is of extreme importance in the construction industry, it is observed the need to rethink ways to reuse water. One way to obtain sustainable, low-cost water is through rainwater harvesting. Based on NBR 15900: 2009, the water from the public or artesian well system was replaced in the kneading of the concrete by rainwater collected through a residential ceramic roof in the municipality of Araraquara / SP. Test specimens were prepared and the physical tests were carried out, as determined by NBR, to determine the handle time and compressive strength, verifying that the concrete has the desired resistance according to the standard, demonstrating the technical feasibility of using the water of rain for kneading concrete, consequently reducing costs and sustainable production of concrete.

Key-words: Rainwater. Concrete kneading. NBR 15900: 2009.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação e delimitação do tema

As ações relacionadas ao meio ambiente tornam-se cada vez mais intensas, necessitando-se encontrar alternativas para minimizar os impactos continuamente causados pelo desenvolvimento humano. Há inúmeras alternativas para reutilizar resíduos como constituintes do concreto (LOPES; SANTOS, 2018). Costa et al. (2018) dizem que a busca por novos materiais capazes de substituir em parte, os componentes do concreto têm alavancado pesquisas em diversas áreas, principalmente no que se refere à reciclagem de resíduos da construção, indústria e outros.

Lopes e Santos (2018) apontam que no Brasil a produção de arroz é intensa, gerando grandes volumes de resíduos. Outros resíduos que podem ser reutilizados são a areia usada nos processos de fundição. Existem pesquisas que buscam substituir parcialmente o cimento pela cinza de casca de arroz e a areia natural pela areia de fundição, objetivando melhorar as propriedades do concreto e diminuir os impactos ambientais causados por esses materiais no meio ambiente.

Outra pesquisa prevê a utilização de isoladores elétricos de porcelana como uma possibilidade eficaz de substituição do agregado miúdo (COSTA et al., 2018).

Desde a década de 40 quando se iniciou a utilização das Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para concreto em construção civil, que o Brasil não tinha um texto específico que tratasse da qualidade da água para amassamento do concreto. As empresas brasileiras, no entanto, seguiam as determinações de outros países, muitas vezes, europeias ou americanas (BORDIN, 2010).

Com o início dos trabalhos sobre o tema no âmbito internacional com a implantação das normas ISO, o Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (ABNT/CB-18) tomou como base o Projeto de Norma Internacional e criou uma norma para o Brasil, a NBR 15900 – Água para amassamento do concreto (ABNT, 2009). Essa determinação pode interferir na durabilidade do concreto final (BORDIN, 2010).

Muitos estudiosos estão verificando formas de reaproveitamento de água por se tratar de um recurso finito. Sendo assim, medidas de conservação da água devem ser tomadas para garantir a sustentabilidade deste insumo natural.

A construção civil utiliza água potável para processos de preparo de argamassa e concreto. Empresas de preparo de concreto, as centrais dosadoras de concreto, usam grandes volumes de água todos os dias na proporção de 1600 litros para preparo de 8 m³ de concreto e outros 1500 litros para lavagem externa e interna do caminhão betoneira (TSIMAS; ZERVAKI, 2011).

A fonte de água mais comum para preparar concreto é o poço artesiano ou ainda o sistema público de abastecimento. A captação da água do sistema público gera custos fixos para a empresa no final do mês, e a perfuração de poços artesianos é demorada e dispendiosa, precisando ainda de liberação pelos órgãos competentes por meio de diversos laudos técnicos.

Uma forma de se obter água sustentável e de baixo custo pode ser através da captação da água pluvial, ou seja, água da chuva para a utilização nas misturas do concreto. A captação

da água de chuva é uma tecnologia simples que pode proporcionar água com qualidade para fins não potáveis em substituição a água tratada, cloradas e fluoradas que deveriam ser reservadas para fins mais nobres, como por exemplo, consumo humano.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A água é o bem mais consumido no mundo. É considerada fonte de vida compondo células, tecidos e órgãos do corpo humano e de outros seres vivos, além de ser essencial na realização das atividades diárias como alimentação, higiene, produção de energia elétrica, na agricultura, pesca, navegação, lazer, indústria, entre outras.

Devido à escassez de água e esta ser um recurso finito é que se observa a necessidade de se repensar formas de reaproveitamento de água residual, de esgoto e pluvial.

O artigo 102 do Decreto nº 24.643/1934, Código das Águas considera águas pluviais as que procedem imediatamente das chuvas.

O método de utilização de água pluvial vem desde as primeiras civilizações. O palácio de Knossos localizado em Creta, utilizava a água da chuva em descarga de bacias sanitárias, a cerca de 2000 anos a.C. (TOMAZ, 2005)

Com o desenvolvimento dos sistemas de abastecimento, Campos (2012) afirma que a utilização de água pluvial foi entrando em desuso. A utilização de águas pluviais passou a ser mais restrita em regiões onde essa era a única fonte de água. Passados séculos e com a chegada de problemas relacionados ao abastecimento, voltou-se a dar importância a esta fonte de abastecimento.

A utilização da água pluvial visa a redução do consumo de água potável fornecida pela rede de abastecimento municipal. Esta ação ainda ajuda a combater as situações de enchentes causadas em diversas cidades brasileiras, devido à impermeabilização de áreas antes permeáveis. (REIS, 2016)

O manejo e o reaproveitamento da água de chuva para uso doméstico, industrial e agrícola está ganhando ênfase em várias partes do mundo, sendo considerado um meio simples e eficaz para se atenuar o grave problema ambiental da crescente escassez de água para consumo. (MAY, 2004)

Em se tratando de água pluvial, que é o foco deste trabalho, pode-se armazenar a água coletada para ser utilizada em diversos fins não potáveis como, por exemplo, irrigação de jardins, lavagem de calçadas e carros, descarga de vasos sanitários, dentro outros. Pode-se também atender a demanda do setor industrial onde se utiliza água não potável, como por exemplo, na construção civil que necessita de grandes volumes de água. Para que esse reaproveitamento ocorra deve-se fazer um dimensionamento adequado do sistema de coleta e armazenagem com base na precipitação média da região e área do telhado, conforme requisitos da NBR 15527:2007.

Entende-se por água não potável aquela que não atende a Portaria nº2.914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde.

Segundo Villiers (2002) o aproveitamento de água de chuva se faz pela coleta, por meio dos telhados das edificações, da precipitação da água sobre a superfície terrestre.

“Precipitação é a liberação de água proveniente do vapor d’água da atmosfera sobre a superfície da Terra, sob a forma de orvalho, chuvisco, chuva, granizo, saraiva ou neve”.

Segundo May (2004) os países desenvolvidos, como o Japão e a Alemanha, estão seriamente empenhados no uso do sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. Outros países como Estados Unidos e Singapura também estão desenvolvendo pesquisas sobre esse sistema.

A água é um componente de fundamental importância do concreto, pois é responsável pelas reações de hidratação do cimento, chegando a representar cerca de 20% de seu volume, sendo também usada na cura. Se, no aspecto quantitativo, ela é bem controlada pela relação água/cimento na dosagem dos concretos, do ponto de vista qualitativo, é negligenciada com frequência, podendo levar a manifestações patológicas nas estruturas de concreto. (BATTAGIN; BATTAGIN, 2010)

É necessário, portanto, enfatizar que a água para amassamento desempenha importante papel nas propriedades e durabilidade do concreto. As impurezas contidas na água podem influenciar negativamente não apenas a resistência do concreto, mas também o tempo de pega ou causar manchamento da superfície e eflorescências, ou ainda, resultar na corrosão da armadura ou ataque químico interno da microestrutura do concreto. (BATTAGIN; BATTAGIN, 2010)

Neville e Brooks (2010) também diz que a qualidade da água é importante porque suas impurezas podem interferir na pega do cimento, afetar negativamente a resistência do concreto ou causar manchamento de sua superfície, podendo ainda levar à corrosão das armaduras. Por essas razões, a adequabilidade da água de amassamento e de cura deve ser verificada.

Uma forma interessante de reaproveitamento de água de chuva é substituí-la nos processos de amassamento do concreto na construção civil, onde atualmente se utiliza água proveniente de poços artesianos ou da rede pública municipal, podendo gerar altos custos para os empresários dessa área econômica.

Tendo fundamental atuação na obtenção de um concreto adequado às suas finalidades, a água de amassamento demanda especial atenção no que diz respeito à qualidade, uma vez que a ideia geral parte da premissa de que "se a água é boa para beber também será boa para o uso na fabricação do concreto". (MOREIRA, 2004)

Para garantir a qualidade da água é importante a utilização da NBR 15900:2009 que especifica os requisitos para a água ser considerada adequada ao preparo de concreto e descreve os procedimentos de amostragem, bem como os métodos para sua avaliação.

May (2004) relata que estudos apontam para a necessidade de descartar a água de lavagem do telhado, ou seja, a água proveniente dos primeiros minutos de precipitação. Estas águas podem conter restos orgânicos e poeira depositados sobre o telhado, que podem contaminar a água por compostos químicos e agentes patogênicos. Para tal procedimento Tomaz (2005) explica que existem dispositivos que fazem esse processo de descarte, por meio manual ou automático, são os chamados dispositivos para autolimpeza. Os automáticos são baseados no peso da água, em boias e no volume.

Segundo Battagin e Battagin (2010) os parâmetros e requisitos estabelecidos para água de amassamento são completamente distintos da água que está em contato com as estruturas do concreto endurecido. Para a água em contato com o concreto, os parâmetros químicos são

dirigidos para a avaliação do seu grau de agressividade. Água é agressiva quando pura, por atuar como dissolvente dos compostos hidratados do cimento no concreto ou por conter íons que reagem com esses compostos hidratados estáveis, alterando e deteriorando a microestrutura, responsável pela resistência mecânica do concreto. Assim, algumas águas que são prejudiciais ao concreto endurecido podem ser inócuas, ou até mesmo benéficas, para serem usadas como água de amassamento.

De acordo com a ABNT NBR 15900, a água prevista para ser usada em concreto deve inicialmente passar por uma avaliação preliminar, que é estabelecida em sua Parte 3 e corresponde às verificações da Tabela 1. A água que não estiver de acordo com as exigências mostradas na Tabela 1 pode ser usada apenas se for comprovado que é adequada ao uso em concreto, de acordo com os ensaios de tempo de pega e resistência. (BATTAGIN; BATTAGIN, 2010)

Tabela 1. Requisitos para avaliação preliminar da água de amassamento	
Parâmetro	Requisito
Óleos e gorduras	Não mais do que traços visíveis
Detergentes	Qualquer espuma deve desaparecer em 2 minutos
Cor	A cor deve ser avaliada qualitativamente como amarelo-claro ou mais clara, a menos da água recuperada de processos de preparação do concreto
Resíduo sólido	Máximo de 50.000 mg/L
Odor	As águas devem ser inodoras, sem odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico. Excepcionalmente, para água reaproveitada de processos de produção do concreto, é admitido um leve odor de cimento e, onde houver escória, um leve odor de sulfeto de hidrogênio, após a adição de ácido clorídrico
Ácidos	$\text{pH} \geq 5$
Matéria orgânica	A cor deve ser avaliada qualitativamente como mais clara, após a adição de NaOH, em relação a uma solução padrão

Fonte: Adaptado de Battagin e Battagin (2010)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

Para a determinação da pasta de consistência normal e tempo de pega foram utilizados:

- ✓ Balança com resolução de 0,1 g e capacidade de 1000 g;
- ✓ Misturador mecânico de argamassa;
- ✓ Espátula de borracha;

- ✓ Espátula metálica;
- ✓ Régua metálica;
- ✓ Molde no formato tronco-cônico, de material não absorvente e resistente ao ataque da pasta de cimento;
- ✓ Aparelho de Vicat;
- ✓ Cronômetro;
- ✓ Cimento CP II – Z - 32;
- ✓ Copo Becker;
- ✓ Placa de vidro;
- ✓ Água potável;
- ✓ Água pluvial.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram moldados corpos de prova utilizando-se:

- ✓ Areia grossa;
- ✓ Cimento Portland CP II - Z - 32;
- ✓ Água pluvial;
- ✓ Água potável;
- ✓ Brita 1;
- ✓ Misturador mecânico de argamassa;
- ✓ Espátula de borracha;
- ✓ Moldes de corpos de prova cilíndricos (100 mm X 200 mm);
- ✓ Óleo mineral;
- ✓ Haste de adensamento;
- ✓ Régua metálica para arrasamento.

Para os ensaios de compressão de corpos de prova foi utilizado:

- ✓ Máquina automática de ensaio à compressão.

3.2 MÉTODOS

O controle de qualidade da água para fim de amassamento do concreto foi realizado segundo a NBR 15900:2009 e outras referências normativas pertinentes. A norma estabelece dois tipos de ensaios que podem ser feitos, os químicos e os físicos, de forma independente uns dos outros, para aceitação da água. Neste trabalho, os ensaios são do tipo físico que compreende tempo de pega e ensaio de resistência à compressão.

Para a realização destes ensaios físicos, primeiramente foi realizada a determinação da quantidade de água para fazer a pasta de consistência normal, tendo como referência a NBR NM

43:2003 - Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal. Logo após foram realizados os ensaios de tempo de pega segundo a NBR NM 65:2003 - Cimento Portland - Determinação dos tempos de pega.

3.2.1 Amostragem da água pluvial

A cidade de Araraquara, foco deste trabalho, está localizada no interior do estado de São Paulo (Figuras 1 e 2), onde o local de coleta das amostras de água pluvial foi de telhado de residência particular localizada no bairro Vila Santa Maria/Vila Xavier, deste município.

Segundo a Regionalização do IBGE, esta cidade brasileira está localizada na Região Sudeste do Brasil:

- Município: Araraquara
- Estado: São Paulo
- Região: Região Sudeste
- Latitude: 21° 47' 40" S
- Longitude: 48° 10' 32" W
- Altitude: 664m
- Área: 1008,6 Km²

Figura 1: Localização de Araraquara no estado de São Paulo



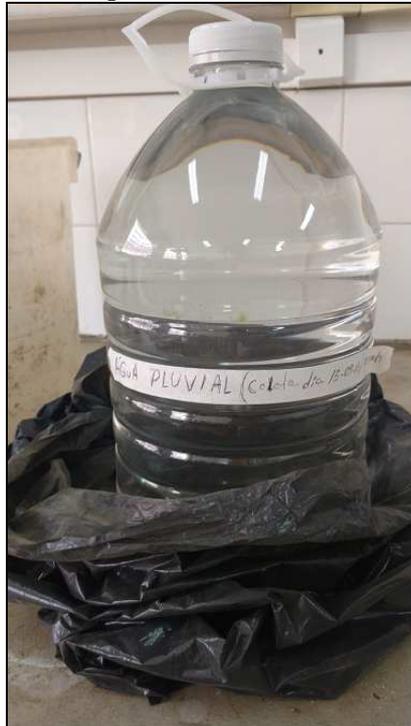
Fonte: Guia Cidade (2018)

Figura 4: Recipiente de plástico onde a água de chuva foi coletada



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 5: Recipiente de plástico hermeticamente fechado



Fonte: Autoria própria (2018)

3.2.2 Moldagem e cura de corpo de prova

Foram moldados corpos de prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura (Figura 6). O concreto foi amassado com um traço de 1 parte de cimento para 3,44 partes de brita 1 e 2,62 partes de areia grossa comprados em comércio local (Figura 7). O cimento utilizado foi o tipo CP II - Z - 32 da marca Itaú e a relação água/cimento (a/c) de 0,70 para todos os tipos de águas analisadas. Suas respectivas massas são mostradas na Tabela 2.

Figura 6: Moldes de corpo de prova



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 7: Materiais utilizados no concreto



Fonte: Autoria própria (2018)

Tabela 2. Valores de massa das frações que compõem o concreto

Material	Massa (g)
Cimento Portland	3020 ± 0,4
Brita 1	10380 ± 0,3
Areia Grossa	7910 ± 0,3
Água	2110 ± 0,2

Fonte: Autorial própria (2018)

Após a moldagem, os moldes foram colocados sobre uma superfície horizontal rígida e livre de vibrações (Figura 8). Durante as primeiras 24 horas todos os corpos de prova foram armazenados em local protegido de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perdas de água do concreto.

Figura 8: Corpos de prova já moldados



Fonte: Autorial própria (2018)

Os corpos de prova foram desmoldados e identificados (Figura 9) e deu-se início a cura em água, na qual todos foram submersos em recipiente de água (não corrente) saturada com cal conforme Figura 10, onde permaneceram até o vigésimo oitavo dia após o processo de moldagem, quando se deu a ruptura dos mesmos.

Figura 9: Corpos de prova desmoldados e identificados



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 10: Recipiente de água saturada com cal



Fonte: Autoria própria (2018)

3.2.3 Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Os ensaios de compressão foram realizados segundo a norma NBR 5739:2018 Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos que determina o tipo de aparelhagem, a forma de preparo dos corpos de prova, a execução do ensaio e o cálculo da resistência.

A determinação da resistência à compressão seguiu o modelo proposto pela norma NBR 7215/97 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão.

Decorridos os 28 dias após a moldagem dos corpos de provas deu-se a aferição das circunferências e a ruptura destes. A ruptura foi realizada em máquina automática de ensaio à compressão do laboratório de Arquitetura da Universidade de Araraquara - UNIARA (Figura 11). Os corpos de prova foram inseridos na máquina e ensaiados com uma velocidade de carregamento de $0,25 \pm 0,05$ Kgf/s até a sua ruptura (Figura 12).

Figura 11: Máquina automática de ensaio à compressão



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 12: Ruptura de corpos de prova



Fonte: Autoria própria (2018)

De cada corpo de prova calculou-se a área da seção conforme Equação 1. A partir do resultado da ruptura de cada corpo de prova em quilograma-força (Kgf), multiplicou-se por 9,806 e obteve-se o valor da força de ruptura em Newton (N). Mediante essas duas informações e utilizando-se a Equação 2 obteve-se a resistência de cada corpo de prova em Megapascal (MPa).

$$A = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad (1)$$

Onde:

A – Área da seção transversal do corpo de prova, em mm²;

D – Diâmetro do corpo de prova, em mm.

$$R = \frac{1000 \cdot P}{A} \quad (2)$$

Onde:

R – Resistência à compressão, em Mpa;

P – Carga de ruptura, em N;

A – Área da seção do corpo de prova, em mm².

Os resultados foram obtidos a partir da média dos valores encontrados na ruptura dos corpos de prova.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TEMPOS DE PEGA

O tempo de pega foi obtido conforme os procedimentos da NBR NM 43:2003 e da NBR NM 65:2003. O tempo de fim de pega é o intervalo de tempo decorrido entre o instante em que se deu o contato do cimento com a água e o instante em que se constatou o fim de pega no ensaio.

Todos os resultados atenderam a NBR NM 65:2003, para os tempos de início e fim de pega.

Tendo os resultados atendido o tempo de início e fim de pega iniciou-se os ensaios de resistência à compressão de corpos de prova de concreto.

4.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os valores dos diâmetros e altura dos corpos de prova, as forças de ruptura obtidas no ensaio dos corpos de prova e as resistências calculadas conforme a Equação 2.

Tipo de água	Corpo de prova	Diâmetro x Altura (mm)	Força (KN)	Resistência (MPa)
Telhado cerâmico/fibrocimento (chuva)	1	100 x 200	218,67	27,84
	2	100 x 200	205,92	26,21
	3	100 x 200	223,57	28,46
Potável	1	100 x 200	183,372	23,34
	2	100 x 200	182,391	23,22
	3	100 x 200	198,081	25,22

Fonte: Autoria própria (2018)

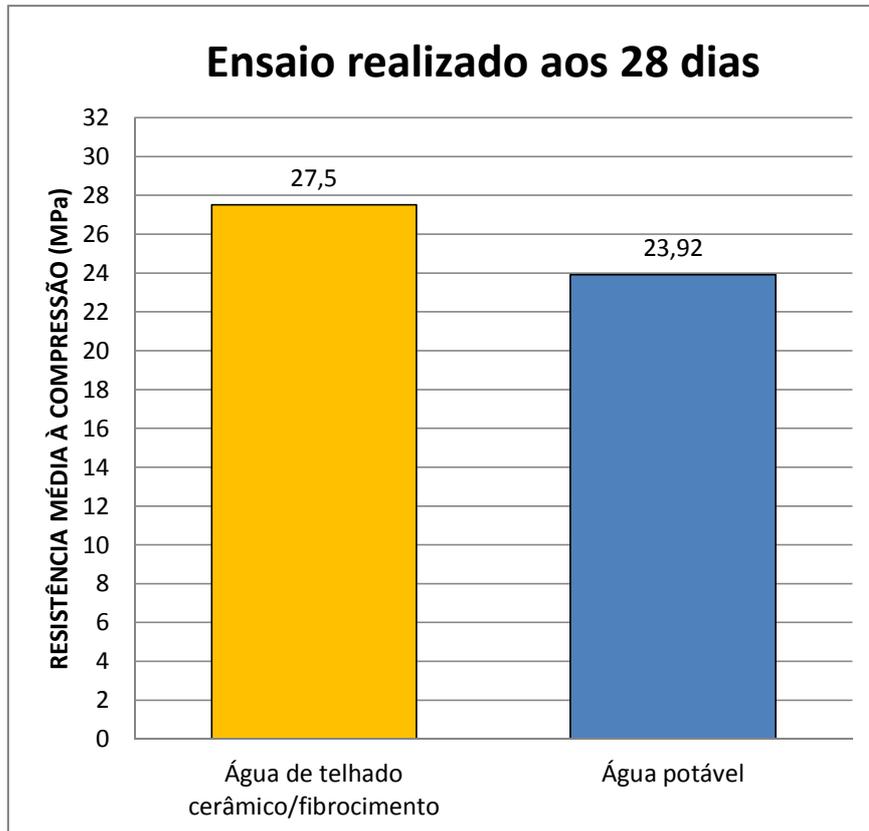
Na Tabela 4 são apresentados os valores médios de resistência à compressão dos corpos de prova produzidos com os diferentes tipos de água.

Tipo de água	Resistência média (MPa)
Telhado cerâmico/fibrocimento (chuva)	27,50
Água potável	23,92

Fonte: Autoria própria (2018)

Mediante o resultado das médias das resistências à compressão dos corpos de prova observou-se que os moldados com água de chuva coletado do telhado cerâmico/fibrocimento obtiveram uma maior resistência à compressão do concreto se comparado aos corpos de prova moldados com água potável, conforme exposto no Gráfico 1.

Gráfico 1: Gráfico das médias das resistências dos corpos de prova



Fonte: Autoria própria (2018)

Os corpos de prova moldados com água de chuva coletada de telhado cerâmico/fibrocimento apresentaram uma resistência à compressão 14,98% superior em relação aos moldados com água potável. Pode-se observar que todos os corpos de provas moldados com as águas analisadas possuem resistência maior que o estabelecido pela norma, sendo assim possível seu uso no amassamento do concreto e argamassa.

5 CONCLUSÕES

As águas analisadas atenderam a NBR NM 43:2003 quanto ao tempo inicial e final de pega e os requisitos exigidos pela NBR 15900:2009 para uso como água de amassamento do concreto, sendo que a água de chuva coletada de telhado cerâmico/fibrocimento obteve uma resistência à compressão maior que o da água potável, aproximadamente 15% superior.

Com os resultados apresentados neste trabalho constatou-se a viabilidade técnica do uso das águas coletadas do telhado cerâmico/fibrocimento para amassamento de concreto demonstrando-se assim a produção sustentável do concreto bom como redução de custos.

Um futuro ensaio de análise química da água de chuva coletada de telhado cerâmico/fibrocimento, de acordo com a NBR15900:2009, poderá explicar a maior resistência à compressão encontrada neste concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento do concreto – Parte 2: Coleta de amostras de ensaios.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900: Água para amassamento do concreto – Parte 3: Avaliação preliminar.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 43: Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 65: Cimento Portland - Determinação dos tempos de pega.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão.** Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018.

BATTAGIN, A. F.; BATTAGIN, I. L. DA S. A Norma Brasileira de água de amassamento do concreto – uma contribuição para a sustentabilidade. Revista Concreto & Construção - Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), Editora: Ipsis Gráfica e Editora, Ano XXXVIII, ed. 58, 2010.

BORDIN, V. **Nova norma da ABNT estabelece critérios para o uso de água em concreto.** Massa Cinzenta, Portal Itambé, maio 2010. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/nova-norma-da-abnt-estabelece-criterios-para-o-uso-de-agua-em-concreto/>>. Acesso em: 26 de abril de 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº. 2.914, 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu

padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, p. 43-49, 04 de janeiro 2012, Seção 1.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. **Decreta o código de águas.** Diário Oficial da União, Poder Executivo, Rio de Janeiro, 20 jul. 1934. Seção 1, p. 14738.

CAMPOS, M.A.S. **Qualidade de investimentos em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial: uso de *particles swarm optimization*.** 2012. 95 P. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

COSTA, P. S.; MILHOMEM, P. M.; SILVA, J. M. DA. **Avaliação das propriedades mecânicas do concreto produzido com resíduo de isoladores elétricos de porcelana.** REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Editora: Universidade Federal de Goiás (UFG), Vol 14, nº 1, 2018. p. 238.

LOPES, D. C.; SANTOS, C. C. DOS. **Análise da resistência de concretos com areia de fundição e cinza de casca de arroz.** REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Editora: Universidade Federal de Goiás (UFG), Vol 14, nº 1, 2018. p. 229.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 159 p (Dissertação). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOREIRA, A. R. **Apostila de Tecnologia do Concreto.** Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil. Curitiba. 2004. p.50.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda, 2010. p. 74.

REIS, P. H. R. **Avaliação econômica de sistema de aproveitamento de água pluvial em edificação residencial multifamiliar em três capitais brasileiras.** Monografia apresentada ao Curso Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil. Goiânia, 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento da Água de Chuva.** Editora Navegar. São Paulo, 2005. p. 180.

TSIMAS, S.; ZERVAKI, M. **Reuse of waste water from ready-mixed concrete plants.** Management of Environmental Quality: An International Journal, v. 22, n. 1, p. 7-17, 04 jan. 2011. ISSN 1477-7835. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/14777831111098444>>. Acesso em: 18 out. 2016.

VILLIERS, M. D. **Água - como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI.** Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.