



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE – CCTS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

RÔMULO THOMAZ DE FIGUEIREDO BORJA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE CONCRETO COM ÁGUA DE
POÇO EM REGIÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA NO CURIMATAÚ ORIENTAL
PARAIBANO**

**ARARUNA
2017**

RÔMULO THOMAZ DE FIGUEIREDO BORJA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE CONCRETO COM ÁGUA DE
POÇO EM REGIÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA NO CURIMATAÚ ORIENTAL
PARAIBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos.

**ARARUNA
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

B726a Borja, Rômulo Thomaz De Figueiredo
Análise da viabilidade de produção de concreto com água de poço em região de escassez hídrica no curimataú oriental paraibano [manuscrito] / Rômulo Thomaz de Figueiredo Borja. - 2017.

22 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA CIVIL) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação: Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos., Departamento de Engenharia Civil".

1. Parâmetros físico-químicos. 2. poços freáticos. 3. Resistência à compressão simples I. Título.

21. ed. CDD 624.183 4

RÔMULO THOMAZ DE FIGUEIREDO BORJA

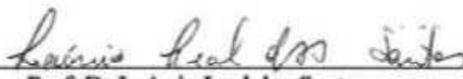
ANÁLISE DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE CONCRETO COM ÁGUA DE POÇO
EM REGIÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA NO CURIMATAÚ ORIENTAL PARAIBANO

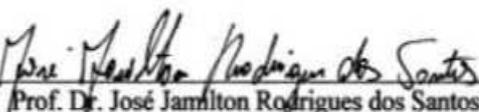
Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de graduação em Engenharia Civil.

Aprovado em: 20/03/17.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Daniel Baracay da Cunha Campos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. José Jamilton Rodrigues dos Santos
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha mãe, pela sua luta, dedicação, sacrifício e suas palavras que resumidamente sempre me expressa “sim é possível”, no qual me fez chegar até aqui, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força, sabedoria, persistência e proteção que me deu durante essa jornada. Aos meus pais Rosely de Figueiredo Vieira e Rômulo Borja dos Santos, ao meu avô Ciriaco Vieira de Medeiros, a minha noiva Ana Gláucia Santos da Fonseca, aos meus irmãos Túlio Figueiredo Cândido e Thiago Figueiredo Borja, pela compreensão por minha ausência nas reuniões familiares.

Ao Prof. Marinaldo dos Santos Júnior pela sua pessoa, competência e dedicação em suas aulas.

Ao Prof. Dr. Daniel Baracuy da Cunha Campos pelo apoio ao longo dessa orientação e pela dedicação.

Ao Prof. Raimundo Leidimar Bezerra, Diretor adjunto do campus VIII/ UEPB, por sua dedicação ao curso de Engenharia Civil.

Aos professores do Curso de Graduação da UEPB, em especial, Laércio Leal, Jamilton Rodrigues, Alan Barbosa e Maria José de Sousa Cordão que contribuíram ao longo de cinco anos, por meio das disciplinas e debates, para minha formação.

Ao grupo de estudos constituído pelos colegas Anderson Oliveira, Alfredo Gomes e Felipe Augusto.

“Majore os esforços e menores as dificuldades,
para se viver concretamente (Borja, 2016).”

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1	Concreto	9
2.2	Água de Amassamento	9
2.2.1	<i>Influência da água no preparo do concreto</i>	10
3	OBJETIVO GERAL	11
3.1	Objetivos Específicos.....	11
4	MATERIAIS E MÉTODOS	12
5	RESULTADO E DISCUSSÃO	16
6	CONCLUSÃO	19
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	20
	REFERÊNCIAS	21

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE PRODUÇÃO DE CONCRETO COM ÁGUA DE POÇO EM REGIÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA NO CURIMATAÚ ORIENTAL PARAIBANO

Rômulo Thomaz de Figueiredo Borja*

RESUMO

A crise hídrica que afeta diversas regiões do Brasil, tem prejudicado a execução de obras e consequentemente o desenvolvimento da construção civil, sendo assim a execução de poços freáticos e artesianos tem sido uma boa alternativa para sanar esse problema. O objetivo desse trabalho foi analisar a viabilidade de produção de concreto, com utilização de água de poço, em região de escassez hídrica no curimataú paraibano, seguindo as especificações da NBR 15900/2009, visando minimizar os impactos da falta de água em construções no município de Araruna-PB. Em um poço freático, localizado em um loteamento na cidade, foi realizada uma coleta de água no qual se verificou os pré-requisitos físico-químicos estabelecidos pela NBR 15900-1/2009, para que a água analisada fosse adequada ao uso, como água de amassamento na produção de argamassas e concretos. A água de poço analisada apresentou valores de parâmetro físico-químicos aceitáveis com exceção apenas do pH, que apresentou valor igual a 3,90, sendo o aceitável pela norma, maior ou igual a 5,5. No ensaio de resistência à compressão foram produzidos dois tipos de concreto, ambos de mesmo traço 1: 2,8: 3,6: 0,6 (kg), utilizando brita tipo 1, areia grossa e o cimento CII-Z-32, diferindo apenas a água de amassamento, desta forma o concreto produzido com água de poço (Concreto tipo 1) apresentou resistência a compressão de $7,98 \pm 0,14$ e $14,22 \pm 0,48$ Mpa aos 7 e 28 dias de cura, respectivamente. Já o concreto produzido com água destilada (Concreto tipo 2) apresentou resistência à compressão simples de $5,90 \pm 0,22$ e $9,91 \pm 0,30$ Mpa aos 7 e 28 dias de cura. De acordo com os resultados obtidos, observou-se que os corpos-de-prova produzidos com água de poço atenderam ao especificado pela NBR 15900-1/2009 que afirma que a resistência média à compressão aos 7 dias e 28 dias dos corpos-de-prova de concreto, preparados com a água em análise, deve alcançar pelo menos 90 % da resistência à compressão média dos corpos-de-prova preparados com água destilada.

Palavras-Chave: Parâmetros físico-químicos. Poços freáticos. Resistência à compressão simples.

1. INTRODUÇÃO

A água é um tema estratégico para o desenvolvimento do Nordeste, região esta que apresenta o menor índice pluviométrico do Brasil, cujas diversas causas têm sido apontadas para escassez hídrica que o nordeste vivencia, tais como: o seu relevo topográfico que

* Aluno de Graduação em Engenharia Civil na Universidade Estadual da Paraíba – Campus VIII.
Email: thomaz_jp@hotmail.com

desfavorece a circulação de massas de ar úmidas, além disso, trata-se de uma região de latitudes equatoriais, com maior incidência de raios solares, portanto com maiores temperaturas e por ser uma região no qual algumas massas de ar úmidas vindas do oceano atlântico chegam com pouca força e atingem apenas no litoral, ressaltem-se, ainda que o fenômeno climático El Niño, provoca longos períodos de estiagem (AB'SÁBER, 1999).

A Paraíba com 100% dos seus municípios situados no polígono da seca apresentou no ano de 2015 dados alarmantes com relação ao abastecimento de água através da Companhia Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), registrando 72% das cidades em colapso de abastecimento de água, em racionamento ou em situação de alerta (SUDENE 2011, CORREIO DA PARAÍBA, 2015).

A crise hídrica que afeta o estado da Paraíba, além de gerar impactos diretos para a população, prejudica a construção civil, visto que esta requer grande demanda de água. Recurso básico para a construção, a água é necessária em todas as etapas de uma obra, desde a produção de argamassas e concretos, assim como para o consumo por parte dos operários. Nesse cenário, as construtoras nessa região vêm buscando métodos para enfrentar a crise de abastecimento de modo a evitar possíveis atrasos e os decorrentes prejuízos financeiros. Medidas alternativas tem sido executadas para sanar esse problema, tais como: reuso de água, aproveitamento de águas de chuva através de cisternas, compra de água de carros pipa, construções a seco e execução de poços freáticos e artesianos em canteiro de obras têm sido as principais alternativas dessas empresas.

Segundo Pessarello (2008), o maior consumo de água na construção civil se dá durante as produções de argamassas e concretos; para produção de 1m³ de concreto, se gasta em média de 160 a 200 litros de água. Como componente fundamental do concreto, a água é responsável pelas reações cinéticas de hidratação, assim como componente fundamental durante a etapa de cura do mesmo, sendo assim utilizadas nas etapas de produção de argamassas e concretos e devem estar livres de substâncias nocivas de acordo com a NBR 15900/2009. Alguns dos efeitos negativos segundo a norma são queda de resistência a compressão, alteração no tempo de pega, ocorrência de eflorescência, assim como aparecimento de machas e corrosão de armaduras no caso de concreto armado.

O uso adequado de fontes alternativas de água, para uso como água de amassamentos, pode ajudar a reduzir o impacto nos canteiros de obras, causados pela escassez da mesma. Diante do exposto, o presente trabalho apresenta como justificativa minimizar o impacto devido a escassez de água, através de fontes alternativas e economicamente viável, objetivando assim analisar a viabilidade de produção de concreto com água de poço, em

regiões de escassez hídrica no curimataú paraibano, seguindo as especificações da NBR 15900/2009, visando minimizar os impactos da falta d'água em construções no município de Araruna-PB.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Concreto

Concreto é um material resultante da mistura dos agregados graúdo e miúdo com cimento e água. A resistência à compressão do concreto endurecido depende de vários fatores, como o consumo de cimento e de água na mistura, o grau de adensamento, os tipos de agregados e de aditivos, etc. Quanto maior é o consumo de cimento e quanto menor é a relação água-cimento, maior será a resistência à compressão do concreto. A relação água-cimento determina a porosidade da pasta de cimento endurecida, portanto tendo uma relação direta com as propriedades mecânicas do concreto (ARAÚJO, 2014).

Para Pilz (2006) o concreto é considerado o esqueleto das edificações, quando o mesmo é que dá sustentação à estrutura, seja na condição de armado ou simples. Perante sua importância incontestável na construção civil, este é um dos materiais mais estudados, tanto na área estrutural, quanto voltado para sua produção, englobando assim conhecimento e controle sobre os materiais que o compõem: cimento Portland, brita, areia, água, aditivos e na situação de armado, o aço.

Diante de sua diversidade de aplicações, eficiência resistiva, facilidade de acesso às seus componentes e simples execução, pode-se dizer que sua utilização não tem limites (SBRIGHI NETO; BATTAGIN, 2001).

2.2 Água de Amassamento

Na produção do concreto e argamassas a água é responsável pelas reações de hidratação do cimento, no qual corresponde a cerca de 20% de seus volumes, participando também do processo de cura (CONCRETO E CONSTRUÇÕES, 2010). Sua participação é de extrema importância na mistura de concretos e argamassas, pois além de interagir nas reações de hidratação é através da mesma que se obtém trabalhabilidade para o manuseio do concreto nas suas diversas aplicações.

Tendo fundamental atuação na obtenção de um concreto adequado as 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”, o que nem sempre traduz a verdade. A presença de pequenas quantidades de açúcares e de citratos não tornam a água imprópria para o consumo, mas podem torna-la insatisfatória como água de amassamento (ROMANO, 2004).

A água de amassamento é um fator que interfere diretamente na qualidade do concreto, seja na própria composição ou na relação água/cimento. A relação água/cimento é um fator que influencia na suscetibilidade do concreto ao ingresso de agentes externos, pois interferem na porosidade, permeabilidade e capacidade de absorção (HELENE, 1999).

2.2.1 Influência da água no preparo do concreto

Segundo Souza e Ripper (1998) a composição química e as impurezas presentes na água de amassamento devem estar dentro de padrões aceitáveis de potabilidade (caso não for, ser no mínimo inodora e incolor), não conter matérias em suspensão, impurezas químicas (cloretos e sulfatos), resíduos industriais, como os açúcares, que podem retardar ou até mesmo impedir a pega do concreto. Essa forte influência da água em alterações de propriedades do concreto acontece através das substâncias nela dissolvidas, caso as concentrações sejam elevadas poderá acontecer o impedimento da cristalização dos produtos da reação do cimento com a água, resultando numa perda de coesão do produto.

Romano (2004) retrata sobre a influência dos parâmetros físico-químicos da água de mistura nas propriedades do concreto:

- Impureza e sua influência: A respeito da adequação da água a fabricação do concreto algumas especificações requerem apenas que ela seja limpa e livre de substâncias deletérias;
- Substâncias em suspensão: Normalmente, as substâncias que se encontram em suspensão na água são o silte e a argila que podem influenciar se aparecerem em pequenas quantidades no aumento de compactidade da massa e quando apresentadas em maiores quantidades impede a cristalização perfeita dos produtos de hidratação;
- Substâncias em solução: A substância em solução encontrada nas águas naturais é composta principalmente de sais, cuja influência se manifesta pela ação dos íons, onde estes íons podem alterar as reações de hidratação do cimento, levar o material a expansão em longo prazo e em concreto armado provocar corrosão das armaduras;
- A influência do pH: Dependendo de sua acidez pode retardar a pega e diminuir a resistência à compressão do concreto;

- A influência das substâncias orgânicas: Dentre as substâncias orgânicas presentes na água tais como: cloreto, sulfato, fosfato podem alterar as características dos concretos estão, os óleos minerais, hidratos de carbono e os açúcares, pois merecem especial atenção, no qual os óleos minerais em concentração elevadas podem reduzir a resistência mecânica do concreto, os hidratos de carbono retardam a pega e os açucareos são tidos como agentes retardadores de pega e redutores da resistência do concreto.
- Substâncias inorgânicas: As substâncias inorgânicas quando presentes na água podem causar sérios distúrbios tanto na pega, como nas resistências à compressão do concreto.

Geralmente as alterações nesses parâmetros podem influenciar na resistência à compressão do concreto, no tempo de pega, serem causadores de manifestações patológicas como eflorescência, corrosão das armaduras e ataque à microestrutura do concreto (CONCRETO E CONSTRUÇÕES, 2010).

De acordo com essas influências causadas pela presença de compostos na água de amassamento, a ABNT no ano de 2009 estabeleceu a NBR15900/2009, cuja mesma é composta de 11 partes que especificam os requisitos para água ser considerada adequada ao preparo do concreto e também descreve os procedimentos de amostragem, bem como os métodos para a sua avaliação.

A NBR15900/2009 estabelece os parâmetros para análise e os requisitos necessários para que a água seja adequada ao preparo do concreto. Dentro dos parâmetros que devem ser analisados a norma destaca os: Óleos e gorduras, detergentes, cor, odor, ácidos, matéria orgânica, cloretos, sulfatos, álcalis, açúcares, fosfatos, nitratos, chumbo, zinco. Caso os parâmetros analisados não estejam dentro dos padrões limites estabelecidos pela norma ou na ausência de ensaio, devem-se realizar os ensaios de tempo de pega e resistência à compressão.

3. OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade de produção de concreto, com utilização de água de poço, em região de escassez hídrica no curimataú paraibano, seguindo as especificações da NBR 15900/2009, visando minimizar os impactos da falta de água em construções no município de Araruna-PB.

3.1 Objetivos Específicos

- Realizar visitas técnicas em obras no município de Araruna;
- Analisar físico-quimicamente a qualidade da água de amassamento proveniente de poço freático;

- Analisar a resistência à compressão de corpos-de-prova de concreto feitos com água de amassamento destilada e água de amassamento provenientes de poço artesiano.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foram realizadas visitas técnicas em obras em andamento no município de Araruna-PB, verificando quais obras utilizavam métodos de escavação e perfuração de poços como alternativa de combate à escassez hídrica. Identificado essa prática nas obras da região, foram realizadas perguntas aos proprietários das obras, no que diz respeito à ciência quanto ao estudo realizado.

Foram coletadas amostras de água de um poço freático, a fim de realizar ensaios para identificação dos parâmetros físico-químicos da mesma. Foram coletadas 33 litros de água em um poço freático localizado em um loteamento na cidade de Araruna-PB (3 litros para amostra em laboratório e 30 para produção do concreto), com o auxílio de bomba, de acordo com a NBR 15900-2/2009, com o intuito de analisar a qualidade dessa água para o preparo dos corpos de prova de concreto de acordo com os parâmetros estabelecidos pela norma, onde o poço e local de coleta pode ser observado na Figura 1-(A) e (B).

Figura 1 - Poço e local de coleta.



(A) Poço

(B) Local de coleta

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Posteriormente, três litros da amostra coletada foram encaminhadas ao laboratório Análise Ambiental L'Água, localizado na cidade de João Pessoa-PB, para inspeção das propriedades físico-química, conforme apresenta a Figura 2- (A) e (B), no qual verificamos se

a água coletada atendia aos pré-requisitos estabelecidos pela NBR 15900/2009, para que a água seja adequada para produção do concreto.

Figura 2 - Amostras encaminhada ao laboratório



(A) Amostra 1

(B) Amostra 2

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Após realizado a etapa de coleta das amostras de água, foram produzidos corpos de prova com dois tipos de água de amassamento diferentes, ou seja, com água proveniente de poço e com água destilada, com a ressalva que os mesmos fossem feitos com as mesmas proporções de materiais. A coleta de materiais e a preparação das amostras do concreto foram realizadas de acordo com a NBR NM 33/2003, com traço 1;2,8;3,6;0,6 , utilizando brita tipo 1, areia grossa e o cimento CII-Z-32, no qual foram moldados 12 corpos de prova em moldes com dimensões 100mmx200mm, de acordo com a NBR5739/2003. Dentre os corpos-de-prova produzidos, 6 corpos de prova foram produzidos com água de amassamento proveniente de poço freático caracterizados como tipo 1 e 6 corpos de prova foram produzidos com água de amassamento destilada caracterizados como tipo 2, conforme apresentam as Figuras 3 e 4.

Figura 3 - Concreto produzido com água de poço.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Figura 4- Concreto produzido com água destilada.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Após moldagem dos corpos-de-prova, os mesmos ficaram intactos por 24 horas, para que assim fosse feita a desmoldagem, os quais foram identificados e submersos em água saturada com cal, conforme apresenta a Figura 5 - (A) e (B).

Figura 5: Identificação e cura dos corpos de prova.



(A) Identificação

(B) Cura

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

O ensaio de compressão simples foi realizado na entidade de direito privado ATECEL localizada na cidade de Campina Grande-PB, onde foram feitas análises em triplicata no 7° e 28° dias de cura dos corpos de provas. Inicialmente foram rompidos 3 corpos de prova de cada tipo de concreto com 7 e 28 dias de cura, de acordo com NBR 5739/2007, visto que, os corpos de prova prontos para o ensaio podem ser verificados na Figura 6, em que a prensa utilizada para a realização do ensaio foi da marca FORNEY com leitura digital, conforme apresenta a Figura 7.

Figura 6: Corpos de provas prontos para ensaio.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Figura 7: Rompimento dos corpos de provas.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

Após, realizados os procedimentos descritos no item 4, pôde-se analisar através dos resultados dos parâmetros qualitativos e quantitativos da água de poço coletada, disponível em laudo pelo laboratório de Análise Ambiental L'Água, localizado na cidade de João Pessoa-PB. Comparamos os resultados com os parâmetros disponível na NBR 15900-1/2009, para que a água analisada possa estar adequada à produção de concreto simples. Nas Tabelas 1 e 2, podem-se verificar os resultados dos parâmetros qualitativos e quantitativos da água analisada e os valores limites de referência normatizada.

Tabela 1 – Parâmetros Quantitativos.

Parâmetros	Resultados	Unidades	Método	Referencias
Sólidos totais	416	mg/L	ABNT NBR 15900-3	≤ 50.000 mg/L
Ácidos (PH)	3,90	-	ABNT NBR 15900-3	≥ 5,5
Cloretos	14,0	mg/L	ABNT NBR 15900-3	4.500 mg/L concreto simple 1.000 mg/L concreto armado 500 mg/L concreto protendid
Sulfatos	29,70	mg/L	ABNT NBR 15900-3	2.000 mg/L
Álcalis	248,00	mg/L Na ₂ O	ABNT NBR 15900-3	≤ 1500 mg/L
Açúcares	< 0,1	mg/L	ABNT NBR 15900-3	≤ 100 mg/L
Fosfatos	< 0,03	mg/L	ABNT NBR 15900-3	≤ 100 mg/L
Nitratos	52,57	mg/L NO ₃	ABNT NBR 15900-3	≤ 500 mg/L NO ₃
Chumbo	< 0,01	mg/L	ABNT NBR 15900-3	≤ 100 mg/L
Zinco	< 0,02	mg/L	ABNT NBR 15900-3	≤ 100 mg/L
Ferro	0,2	mg/L	-	-

Tabela 2 – Parâmetros Qualitativos.

Parâmetros	Resultados	Unidades	Método	Referencias
Temperatura	27	°C	-	< 40°C
Óleo e graxas	Ausentes	-	ABNT NBR 15900	Não mais que traços visíveis
Detergentes	Ausentes	-	ABNT NBR 15900-3	Ausentes
Cor	Amarelo claro	-	ABNT NBR 15900	Amarelo claro a incolor
Odor	Inodora	-	ABNT NBR 15900-3	Inodora
Matéria orgânica	Incolor	-	ABNT NBR 15900-3	Cor mais clara ou igual à solução padrão, após a adição de NaOH

Verificando os resultados das Tabelas 1 e 2, pôde-se observar e comparar cada parâmetro ensaiado, com o parâmetro de referência, identificando que apenas o pH apresentou alteração quanto ao seu valor, no qual o limite de referência é $\text{pH} \geq 5,5$ e o valor obtido na análise foi um pH de 3,9, resultando em uma água ácida. Segundo Neville e Brooks (2013), água de amassamento ácida pode afetar negativamente o tempo de pega do concreto e Romano (2004), cita que água de amassamento ácida pode retardar a pega e diminuir a resistência à compressão do concreto.

Obedecendo as diretrizes dispostas pela NBR 15900-1/2009, quando algum parâmetro não estiver de acordo com uma ou mais das exigências de referência limites qualitativa e quantitativa, a água analisada só pode ser usada apenas se for comprovado que é adequada ao uso em concreto pelos ensaios de tempo de pega que não devem diferir mais de 25 % dos tempos de início e fim de pega, obtidos com amostras de pastas preparadas com água destilada e a água em estudo. Também se deve verificar a resistência média à compressão aos 7 dias e 28 dias de cura dos corpos de prova de concreto, onde os corpos de prova preparados com a água em estudo, deve alcançar pelo menos 90 % da resistência à compressão média de corpos de prova preparados com água destilada.

O ensaio de tempo de pega exigido pela norma, não foi realizado devido motivos inerentes, entre eles: falta de equipamento no laboratório de materiais e geotécnica da Universidade Estadual da Paraíba, Campus VIII. Nas Tabelas 3 e 4 podemos verificar os resultados do ensaio de resistência a compressão simples.

Tabela 3 – Resistência a Compressão ao 7º dia de cura.

7º dia de cura	Resistencia a Compressão (MPa)			Resistencia Média a Compressão (MPa)
Tipo do Concreto	Corpo de Prova 1	Corpo de Prova 2	Corpo de Prova 3	-
Concreto Tipo 1	8,20	7,83	7,92	7,98±0,14
Concreto Tipo 2	5,68	6,25	5,77	5,90±0,22

Concreto tipo 1 – Concreto produzido com água de poço

Concreto tipo 2 – Concreto produzido com água destilada

Tabela 4 – Resistencia a Compressão ao 28º dia de cura.

28º dia de cura	Resistencia a Compressão (MPa)			Resistencia Média a Compressão (MPa)
Tipo do Concreto	Corpo de Prova 1	Corpo de Prova 2	Corpo de Prova 3	-
Concreto Tipo 1	13,46	14,43	14,78	14,22±0,48
Concreto Tipo 2	9,92	9,48	10,32	9,91±0,30

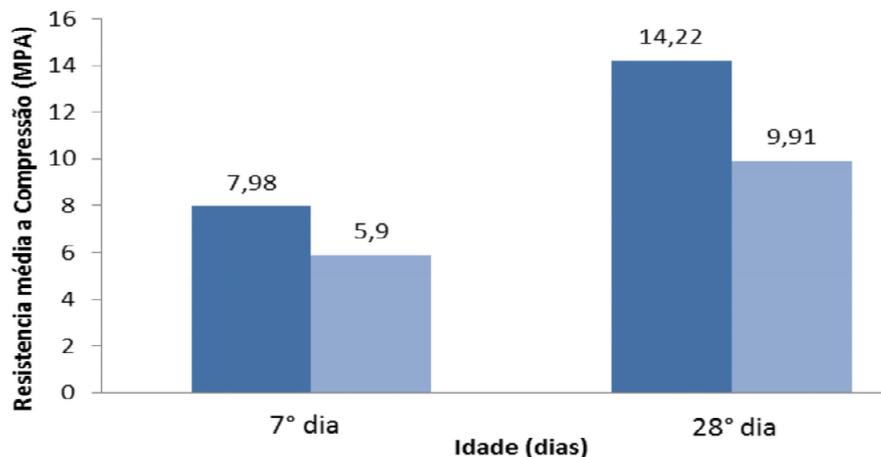
Concreto tipo 1 – Concreto produzido com água de poço

Concreto tipo 2 – Concreto produzido com água destilada

Verificando os resultados das Tabelas 3 e 4, um ganho na resistência à compressão de todos os corpos de prova ao decorrer do tempo, como também ao 7º e 28º dia o concreto tipo 1 produzido com água de poço apresentou maior resistência à compressão, ultrapassando favoravelmente o limite estabelecido pela norma, que descreve que o corpo de prova produzido com água de poço deve alcançar pelo menos 90 % da resistência à compressão média de corpos de prova preparados com água destilada. Não só alcançou esse limite como é mais resistente do que o corpo de prova preparado com água destilada.

A Figura 8 apresenta uma análise comparativa entre os ganhos de resistência a compressão dos diferentes tipos de concreto produzidos.

Figura 8- Resistência a Compressão simples do Concreto.



Azul escuro – Resistencia do concreto produzido com água de poço

Azul claro – Resistencia do concreto produzido com água destilada

De acordo com a Figura 8, o concreto tipo 1, com o mesmo traço do concreto tipo 2, modificando apenas a água de amassamento obteve no 7º dia de cura, um ganho de 35% na resistência à compressão em relação ao concreto tipo 2 e aos 28º dias de cura, apresentou-se um ganho na mesma propriedade de 43,5%. Uma justificativa para o concreto produzido com água de poço atingir uma resistência superior ao do concreto produzido com água padrão, se dá pelo fato que substâncias que se encontram em suspensão como silte e argilas, podem influenciar quando aparecerem em pequenas quantidades no aumento de compactidade da massa, tendo então naturalmente um aumento da resistência a compressão (ROMANO, 2004).

6. CONCLUSÃO

A partir dos resultados podemos verificar que todos os parâmetros físico-químicos da água de poço em análise foram aceitáveis com exceção apenas do pH, que apresentou valor igual a 3,90, sendo o aceitável pela norma, maior ou igual a 5,5, por consequência que esse parâmetros não foi aceitável, se fez necessário o ensaio de compressão simples.

Em análise dos resultados do ensaio compressão simples o concreto produzido com água de poço (Concreto tipo 1) apresentou resistência a compressão de $7,98 \pm 0,14$ MPa e $14,22 \pm 0,48$ Mpa aos 7 e 28 dias de cura, respectivamente, e o concreto produzido com água destilada (Concreto tipo 2) apresentou resistência à compressão simples de $5,90 \pm 0,22$ Mpa e $9,91 \pm 0,30$ Mpa aos 7 e 28 dias de cura. Com base nesses resultados verificamos que os corpos de prova preparados com a água em análise atenderam ao especificado pela NBR 15900/2009 que afirma que a resistência média à compressão aos 7 dias e 28 dias dos corpos-de-prova de concreto, preparados com a água em análise, deve alcançar pelo menos 90 % da resistência à compressão média dos corpos-de-prova preparados com água destilada.

Com relação aos parâmetros avaliados, pôde-se concluir que o objetivo proposto nesta pesquisa foi atendido com êxito, observa-se de acordo com análises realizadas e critérios estabelecidos pela NBR 15900-1/2009, que a água subterrânea coletada proveniente de poço freático, é adequada ao uso como água de amassamento em concreto, verificando que sua resistência a compressão simples foi maior que o concreto padrão de referência produzido com o mesmo traço e com água destilada, ressaltando para que se tenha um controle da qualidade da água deve ser feito um monitoramento mensal durante o seu uso. Contudo, é viável a produção de concreto com a água do poço examinado na região de escassez hídrica da cidade de Araruna, localizada no curimataú paraibano, sendo uma ótima solução para falta de água em canteiros de obras locais, como também minimiza o impacto da construção civil a população local, quanto ao consumo de água tratada, quando se tem disponível na região.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no trabalho desenvolvido, espera-se que os resultados obtidos estimulem novas pesquisas para utilização de água subterrânea em vários locais que sofram com a falta de água. Contudo, diversas vertentes de pesquisas futuras podem ser identificadas, quanto a utilização de água de amassamento provenientes de diversos tipos de fontes, tais como: água recuperada de processos de preparação do concreto, água natural de superfície, água de captação pluvial, água residual industrial, água salobra, água de abastecimento público, água de esgoto, água proveniente de esgoto tratado e água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto.

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF CONCRETE PRODUCTION USING WELL WATER IN THE CURIMATAÚ EASTERN PARAIBA A REGION OF WATER SCARCITY

ABSTRACT

The water crisis affecting several regions of Brasil has hampered the execution of works and, consequently, the development of civil construction, so the implementation of groundwater and artesian wells has been a good alternative to remedy this problem. The objective of this work was to analyze the feasibility of concrete production, using well water, in a region of water scarcity in the Paraíba curimataú, following the specifications of NBR 15900/2009, in order to minimize the impacts of water shortage on buildings in the municipality Of Araruna-PB. In a water-well, located in a township, a water collection was performed in which the physical-chemical prerequisites established by NBR 15900-1 / 2009 were verified, so that the analyzed water was suitable for use, such as water Of kneading in the production of mortars and concretes. The well water analyzed showed acceptable physico-chemical parameter values with the exception of pH only, which presented a value equal to 3.90, being acceptable by the standard, greater or equal to 5.5. In the compressive strength test two types of concrete were produced, both of the same traces 1: 2,8: 3,6: 0,6 (kg), differing only the kneading water, thus the concrete produced with well water (Type 1 concrete) showed compressive strength of 7.98 ± 0.14 and 14.22 ± 0.48 MPa at 7 and 28 days of cure, respectively. The concrete produced with distilled water (Concrete type 2) presented resistance to simple compression of 5.90 ± 0.22 and 9.91 ± 0.30 MPa at 7 and 28 days of cure. According to the results obtained, it was observed that the wells produced with well water met the requirements of NBR 15900-1/2009, which states that the average compressive strength at 7 days and 28 days of the bodies of - concrete test, prepared with the water under analysis, shall achieve at least 90% of the average compressive strength of specimens prepared with distilled water.

Keywords: Physical and chemical parameters. Groundwater wells. Unconfined compression strength.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. Estudos Avançados**, 13 ed. São Paulo, p.07-59, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v13n36/v13n36a02.pdf>>. acesso em: 14 de março de 2017.

ARAÚJO, J. **Curso de concreto armado**. V.1, 4. ed. Rio Grande: Dunas, 2014.

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

_____. NBR 15900: Concreto - **Água para amassamento do concreto parte 1: requisitos**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 15900: Concreto - **Água para amassamento do concreto parte 2: Coleta de amostras de ensaios**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR NM 33: **Concreto - Amostra de concreto fresco**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR 5738: **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR 5739: **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

CONCRETO E CONSTRUÇÕES. **Pavimento de concreto: Segurança, durabilidade e conforto nos corredores de ônibus da linha verde de Curitiba**. São Paulo: Ispis Gráfica e Editora, 2010. Trimestral.

HELENE, P. R. L.. **Vida útil das estruturas de concreto**. In: International Conference on High-Performance Concrete and Performance and Quality of Concrete Structures, 2. 1999, Gramado. Anais...Gramado, junho, 1999. 1 CD.

MEIRELES, L.. **Ameaça ou falta d'água nas torneiras já é real em 72% das localidades atendidas na PB**. Correio da Paraíba, Paraíba, 19 Dez. 2015. Disponível em:<<http://correiodaparaiba.com.br/cidades/seca/ameaca-ou-falta-dagua-nas-torneiras-ja-e-real-em-72%das-localidades-atendidas-na-pb/>> . Acesso em: 20 de Janeiro 2016.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J.. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre, 2013.

PESSARELLO, R.. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores**. 2008. 111 f. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão Na Produção De edifícios) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PILZ, S. E.. **Produção de concreto: Verificação da variabilidade da resistência à compressão do concreto em empresas construtoras da cidade de Chapecó**. 2006. 180 f.

Trabalho de conclusão (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul , Escola de Engenharia. Porto Alegre, 2006.

ROMANO, C.. **Apostila de tecnologia do concreto**. Paraná, 2004.102 p.

SBRIGHI NETO, C.; BATTAGIN, I.L.S.. **As novidades da revisão da norma técnica “Preparo, controle e recebimento do concreto”**. Revista IBRACON, São Paulo; n. 27, p. 3339, nov./dez. 2001.

SOUZA, Vicente; RIPPER, Thomaz.. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1998. 257p.

SUDENE. **Estatística do nordeste 2: Nordeste em números - 2011**. Recife, 2013. 280 p.