



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**DANIEL IGLESIAS DE CARVALHO**

**VIABILIDADE FINANCEIRA DO USO DE POÇOS ARTESIANOS NA  
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS EM PALMAS/TO**

PALMAS/TO  
2017

DANIEL IGLESIAS DE CARVALHO

**VIABILIDADE FINANCEIRA DO USO DE POÇOS ARTESIANOS NA  
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS EM PALMAS/TO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Ambiental.

PALMAS/TO  
2017

## FOLHA DE APROVAÇÃO

DANIEL IGLESIAS DE CARVALHO

ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA EDIFÍCIOS EM FASE DE CONSTRUÇÃO:  
VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE POÇOS ARTESIANOS EM PALMAS-TO

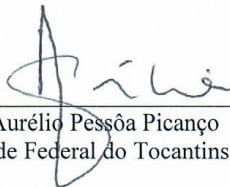
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Nível Mestrado Profissional, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental. A presente dissertação foi aprovada pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo relacionados:

### BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Girlene Figueiredo Maciel  
Universidade Federal do Tocantins (Presidente)



---

Prof. Dr. Aurélio Pessoa Picanço  
Universidade Federal do Tocantins



---

Prof. Dr. Fernán Enrique Vergara Figueroa  
Universidade Federal do Tocantins



---

Prof. Dra. Indara Soto Izquierdo  
Universidade Federal do Tocantins

Aprovada em: 21 de agosto de 2017  
Local de defesa: Sala 108 do bloco J  
Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Palmas

*Dedico à minha família*

## RESUMO

Nesta pesquisa, obteve-se o levantamento e a análise de oito obras de edifícios verticais comerciais e residenciais, com características construtivas semelhantes. O resultado foi a determinação de um índice médio de consumo de 0,4886 metros cúbicos de água para cada metro quadrado de construção. Paralelamente, estudou-se o mercado de Palmas/TO quanto à execução de poços com profundidade superior a 70 metros. Assim, obtiveram-se os dados de oito poços, gerando uma vazão média de 11.200 litros por hora, uma profundidade média de 123 metros, nível estático médio de 16 metros e nível dinâmico médio de 52 metros. Dessa forma, calculou-se o índice mensal de consumo para o mês de pico das obras, resultando em 0,055 metros cúbicos por metro quadrado de obra construída. Com a somatória do custo de construção do poço teórico, seu consumo de energia elétrica e taxas de licenciamento ambiental, foi obtido o valor de R\$ 34.850,52. Ao cruzar os dados coletados e calculados, gerou-se uma delimitação em metros quadrados de área construída de 2.248,42 metros quadrados para obras verticais, ou seja, concluiu-se que, no caso de obras com áreas construídas maiores do que a apresentada, torna-se economicamente viável a execução de poços artesianos profundos como alternativa à rede pública de abastecimento de água.

**Palavras-chave: poço artesiano, viabilidade, edifícios verticais**

## ABSTRACT

In this research, it was obtained the survey and the analysis of eight works of vertical commercial and residential buildings, with similar constructive characteristics. The result was the determination of an average consumption index of 0.4886 cubic meters of water for each square meter of construction. At the same time, the Palmas / TO market was studied for the execution of wells with a depth of more than 70 meters. Thus, data were obtained from eight wells, generating an average flow of 11,200 liters per hour, an average depth of 123 meters, an average static level of 16 meters and an average dynamic level of 52 meters. In this way, the monthly consumption index was calculated for the peak month of the works, resulting in 0.055 cubic meters per square meter of constructed work. With the sum of the cost of construction of the theoretical well, its consumption of electric energy and environmental licensing fees, the amount of R \$ 34,850.52 was obtained. When crossing the data collected and calculated, a delimitation in square meters of constructed area of 2,248.42 square meters was generated for vertical works, that is, it was concluded that, in the case of works with larger built-up areas than the one presented, it becomes economically viable the execution of deep artesian wells as an alternative to the public water supply network.

**Keywords:** Artesian well, feasibility, vertical buildings

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Método de perfuração do poço.....	24
Figura 2 – Município de Palmas/TO .....	35
Figura 3 – Poço teórico.....	54
Figura 4 – Sistema de bombeamento.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Índice médio de consumo .....	52
Tabela 2 – Índices dos maiores consumos mensais.....	56
Tabela 3 – Custo do poço por obra.....	62



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Consumo de água na confecção de concretos dosados na obra.....	17
Quadro 2 – Consumo de água em argamassas industrializadas .....	18
Quadro 3 – Consumo de água na cura do concreto .....	19
Quadro 4 – Consumo de água nas dosagens de tintas Látex .....	19
Quadro 5 – Sistema de fornecimento de água .....	21
Quadro 6 – Consumo obra A.....	40
Quadro 7 – Consumo obra B .....	42
Quadro 8 – Consumo obra C .....	43
Quadro 9 – Consumo obra D.....	44
Quadro 10 – Consumo obra E .....	46
Quadro 11 – Consumo obra F.....	47
Quadro 12 – Consumo obra G.....	49
Quadro 13 – Consumo obra H.....	50
Quadro 14 – Características técnicas dos poços artesianos perfurados em Palmas/TO.....	53
Quadro 15 – Índice de consumo médio mensal.....	54
Quadro 16 – Composições de custos unitários da construção do poço .....	61

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo obra A.....	41
Gráfico 2 – Consumo obra B.....	42
Gráfico 3 – Consumo obra C.....	44
Gráfico 4 – Consumo obra D.....	45
Gráfico 5 – Consumo obra E.....	47
Gráfico 6 – Consumo obra F.....	48
Gráfico 7 – Consumo obra G.....	50
Gráfico 8 – Consumo obra H.....	51
Gráfico 9 – Índice médio de consumo.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AM	Altura Manométrica
COEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Tocantins
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
NATURATIS	Instituto Natureza Tocantins
ND	Nível Dinâmico
NE	Nível Estático
ORUAS	Outorga e restrição de usos de águas subterrâneas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
QE	Vazão Escalonada
QS	Vazão Específica
RC	Recuperação
S	Rebaixamento
SINAPSI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TCPO	Tabela de Composição de Preços para Orçamento

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>14</b>
1.1.1 Objetivo geral .....	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Avaliação e gestão de Projetos na construção civil.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Demanda de água na construção de edifícios.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 Formas de fornecimento de água para obras.....</b>	<b>20</b>
2.3.1 Rede de distribuição pública.....	20
2.3.2 Fornecimento de água por meio de caminhões pipa.....	22
2.3.3 Fornecimento de água por meio de poços artesianos .....	22
<b>2.4 Orçamento na construção civil.....</b>	<b>26</b>
<b>2.5 Estudo do consumo de água em obras verticais .....</b>	<b>28</b>
2.5.1 Bombeamento .....	29
2.5.2 Cálculo de perdas de carga .....	29
2.5.3 Cálculo da potência do motor-bomba.....	31
2.5.4 Consumo de energia elétrica .....	31
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 Levantamento bibliográfico.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2 Localização da área de estudo – Palmas/TO.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3 Levantamento do consumo de água .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4 Cálculo do poço padrão teórico.....</b>	<b>36</b>
<b>3.5 Estudo de viabilidade financeira .....</b>	<b>38</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 Caracterização das obras.....</b>	<b>40</b>
4.1.1 Obra A .....	40
4.1.2 Obra B .....	41
4.1.3 Obra C .....	43
4.1.4 Obra D .....	44
4.1.5 Obra E.....	46
4.1.6 Obra F.....	47

4.1.7 Obra G .....	49
4.1.8 Obra H .....	50
<b>4.2 Consumo .....</b>	<b>51</b>
<b>4.3 Estudo do poço.....</b>	<b>53</b>
4.3.1 Dimensões do poço.....	53
4.3.2 Verificação de vazão para licenciamento ambiental .....	54
4.3.3 Vazão para dimensionamento da bomba .....	55
4.3.4 Perdas de carga .....	57
4.3.5 Potência da bomba.....	59
4.3.6 Consumo mensal de energia .....	60
4.3.7 Orçamento do poço.....	61
4.3.8 Comparativo de custos entre as duas formas de abastecimento .....	63
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>

## INTRODUÇÃO

Os frequentes episódios de falta de água para o consumo humano em diversas regiões do Brasil trouxeram enfaticamente à tona a discussão de temas relacionados ao consumo de água e, conseqüentemente, da sua gestão no abastecimento das cidades em uma época de políticas públicas que fomentam grandes incentivos para a construção civil, impulsionando a expansão de áreas urbanas.

Entretanto, essa urbanização está pautada no crescimento vultoso do número de edifícios verticais para atender aos anseios da população que vive e trabalha no local e, indispensavelmente, consome água.

Os poços artesianos têm o objetivo da captação artificial de águas subterrâneas para os mais diversos fins, dentre eles, aplica-se o uso na indústria da construção civil. Sendo assim, cabe salientar que o incentivo ao uso de águas subterrâneas é fundamental para a universalização do acesso à água e, principalmente, para as regiões não atendidas por redes públicas de água ou em casos que possuam acesso à rede pública, mas que não necessitam do tratamento de purificação dado a essa água, como nos diversos tipos de indústria.

A carência de estudos aprofundados sobre a utilização desse tipo de poço para abastecer exclusivamente obras de construção civil, objeto desta pesquisa, é intrínseco e inerente ao planejamento das águas em empreendimentos que, quando todos somados, representam um grande consumo durante a realização de suas obras. Essa demanda, na prática, é suprida pelo abastecimento feito pela rede pública, que fornece água tratada e cobra tarifas pelo seu serviço, atendendo ao nível adequado de pureza da água para fornecê-la ao consumo humano em seus afazeres diários.

O estudo do uso da água captada em poços artesianos, como alternativa ao consumo de água tratada abastecida pela concessionária, possui grande relevância, principalmente nos tempos atuais de escassez de recursos naturais. Esse uso aplicado à indústria da construção civil e na execução de obras torna seu estudo ainda mais importante.

Também há de se considerar que, para que a empresa concessionária possa fornecer água de qualidade em toda a cidade, esta precisa ser captada na natureza, conduzida até reservatórios de armazenamento e tratada, entre outras etapas, para só então ser conduzida à grande ramificação de tubulações que integram a rede pública de abastecimento. E o estudo de

técnicas paralelas a essa complexa operação faz-se sempre necessário, já que esse custo operacional faz parte do valor da tarifa cobrado ao consumidor final. Tatsuo Shubo (2003, p. 10) adverte que

Os desafios de garantir os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário neste cenário de crescente urbanização trazem em seu bojo a falta de recursos financeiros suficientes para a expansão dos serviços e a ineficiência no uso dos recursos arrecadados pelo setor. O entendimento do recurso natural "água" como um bem econômico e finito, deve fazer com que todos os atores a utilizem de forma a maximizar o bem-estar social, quer seja produzindo com a máxima eficiência quer seja consumindo sem desperdícios.

A cidade de Palmas foi escolhida como local da realização desta pesquisa por se tratar de uma cidade nova e planejada, onde discussões acerca de assuntos que permeiam a gestão dos recursos hídricos estão sempre em voga. Também se torna imprescindível o estudo específico de Palmas por se tratar da capital e cidade mais populosa do estado do Tocantins, podendo incentivar o uso de novas práticas de utilização da água como políticas públicas a se implantar em todo o Estado.

A problemática encontrada neste estudo se baseia na questão da viabilidade econômica do uso de água de poços artesianos – na etapa de construção de edifícios verticais em áreas urbanas, quando comparado aos valores gastos para pagamento pelo uso da rede pública – e na análise da implantação e operação de poços e redução do consumo de água tratada em obras civis.

Tentando obter uma resposta ao problema, surge a observação de que, devido ao consumo de água durante a construção de edifícios ser de grande volume, mas diluída em vários meses, as vantagens da execução de poços tubulares profundos vêm, a longo prazo, tornando os poços artesianos viáveis em obras verticais de médio e grande porte.

Posto isso, este trabalho visará a tratar por completo da utilização de poços tubulares profundos como alternativas para o fornecimento de água nos canteiros de obra, enfocando a viabilidade econômica dos poços e estudos de sua implantação e operação.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo será o de se estabelecer um comparativo, sob a ótica de viabilidade econômica, entre a utilização de água tratada e fornecida pela rede pública com a captada em poços artesianos na cidade de Palmas/TO.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Fazer um levantamento bibliográfico acerca de poços tubulares profundos e redes públicas de água.
- Obter o valor gasto e o volume consumido de água em edifícios verticais estabelecendo índices por metro quadrado de área construída na fase de obra.
- Apresentar dados orçamentários da construção e operação de um poço artesiano.
- Estabelecer um comparativo que resultará nos fatores de viabilidade econômica para o uso de água de poços durante a execução de edifícios.



## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Avaliação e gestão de Projetos na construção civil**

Com um mercado extremamente competitivo, as empresas buscam constantemente a melhoria dos seus métodos construtivos. No caso da construção civil, podemos observar que as metodologias utilizadas no gerenciamento de projetos retratam uma série de fatores que podem levar a perdas, atrasos nos cronogramas, produtos que não atendam às devidas necessidades dos consumidores finais e ainda elevar o custo de produção como consequência dos processos de gestão e planejamento inadequado (ALENCAR, 2003).

Alencar (2003) classifica a problemática como algo complexo, tendo em vista o grande número de tarefas e incertezas associadas, especialmente no que se diz ao prazo de execução e custo. Vários estudos foram feitos sobre esse tema, abordando o controle de projetos da construção civil que envolve a reprogramação quando se faz necessária, inclusive sobre o consumo de água.

Kasturi e Gransberg (2002) demonstram em sua pesquisa que, ao longo dos anos, na indústria da construção civil, as mais diversas formas de gerenciamento de projetos vêm sendo implementadas, particularmente as que tratam do tempo, considerado um fator crítico para o sucesso da obra. Além disso, a não consideração da produtividade dos trabalhadores e a dificuldade de fazê-los trabalhar em equipe podem ser consideradas uma barreira a ser vencida. Hoje a gestão de recursos finitos, como a água, está também em voga.

Para que se tenham resultados satisfatórios no gerenciamento de tempo, ou seja, utilizar o tempo de forma adequada na execução das tarefas, foram propostas algumas diretrizes por especialistas na área. São elas: priorizar atividades por ordem de importância levando em consideração os recursos disponíveis; atualização dos projetos com melhorias cabíveis e, assim, utilizar o tempo livre de forma mais eficiente; controlar as distrações que possam desviar o fluxo planejado; aumentar a eficiência (KASTURI; GRANSBERG, 2002).

A análise dos resultados pode facilitar também o diagnóstico de serviços em relação aos atrasos e também auxiliar na alocação de recursos disponíveis de acordo com os objetivos propostos. Para tal diagnóstico, são analisados Custo – Benefício e Custo – Eficiência. Essas avaliações podem auxiliar a indústria da construção civil de forma positiva na construção de

edifícios, que consomem uma quantia relevante de água tratada na sua execução e ao decorrer de sua vida útil (KASTURI; GRANSBERG, 2002).

## **2.2 Demanda de água na construção de edifícios**

Pessarello (2008) cita a demanda de água na construção de edifícios, como em outros tipos de edificações, levando em conta que a água é um elemento indispensável, sendo assim essencial para a execução de determinadas etapas construtivas e o consumo humano.

A abordagem das principais finalidades da água na construção de edifícios, tanto em termos das necessidades fisiológicas, quanto para execução das atividades inerentes aos serviços executados, faz-se essencial para a contextualização do tema.

Na construção civil, o uso de água para a necessidade humana está diretamente ligado às demandas dos colaboradores no canteiro de obras, de tal forma que essas demandas sejam resguardadas pela legislação trabalhista (PESSARELLO, 2008).

Dentro da norma que regulamenta o Ministério do Trabalho, a NR – 18 tem por objetivo citar os itens básicos para o trabalhador que utiliza água no canteiro de obras, destacando as partes relacionadas ao consumo dos colaboradores:

- refeitórios: deverão ter lavatórios no interior ou nas proximidades para a lavagem das mãos. No caso do preparo da refeição no canteiro de obra, a cozinha deve ser equipada com uma pia, além dos equipamentos de refrigeração;
- instalações hidrossanitárias: os vestiários com instalações hidrossanitárias são indispensáveis em todo canteiro de obra, no qual se permita a troca de roupa dos trabalhadores e sua higiene pessoal. As instalações hidrossanitárias deverão ter lavatório, bacia sanitária e mictório, para cada 20 funcionários ou fração, e um chuveiro para cada 10 colaboradores;
- bebedouros: é obrigatório no canteiro de obra o fornecimento de água potável filtrada e fresca para os trabalhadores, por meio de bebedouros de jato inclinado ou similares que garantam as mesmas condições, sendo necessário um bebedouro para cada 25 colaboradores ou fração.

De acordo com Silva (2006), o consumo diário estimado por operário alojado não chega a 45 litros por dia, excluindo a refeição diária. Nos casos em que é realizada a refeição na obra, esse consumo passa a ser de 65 litros por dia.

O volume de água consumida pelos operários da obra deve ser acrescido à sua grande quantidade aplicada na execução de tarefas e fabricação e misturas de materiais de construção civil.

Para fabricação de concreto, é utilizada a água junto a agregados, cimento e aditivos, e sua dosificação está diretamente ligada à relação água/aglomerante, influenciando a resistência à compressão, ou seja, quanto maior a quantidade de água inserida, menor a resistência do concreto (GUEDES, 2004).

As características estimadas de concretos fabricados em obra, apresentados no Quadro 1, são baseados no livro TCPO (2003). Os consumos variam de acordo com o traço desejado e, conseqüentemente, com o fator água/aglomerante.

Quadro 1 – Consumo de água na confecção de concretos dosados na obra

<b>Fck (Mpa)</b>	<b>Fator água/cimento</b>	<b>Cimento kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Água l/m<sup>3</sup></b>
10	0,88	241	212,08
15	0,79	280	221,20
18	0,68	305	207,40

Fonte: Livro Caderno de Encargos ficha E-COM (2015).

Para a fabricação de argamassa no canteiro de obras são utilizados, basicamente, dois tipos: as feitas na obra ou as industrializadas. Em ambos os casos o uso de água é imprescindível.

Da mesma maneira que no concreto, a água pode influenciar no desempenho e na qualidade da argamassa, entre outras coisas, como trabalhabilidade, resistência e aderência (PESSARELLO, 2008).

No Quadro 2, pode-se observar a quantidade de água necessária na fabricação de argamassas.

Quadro 2 – Consumo de água em argamassas industrializadas

Uso	Marca	Embalagem (kg)	Quantidade de água recomendada	Litros de água (Litros/kg)
Assentamento de blocos	Quartzolit	20	3,0 a 3,4 litros	0,17
Assentamento de peças cerâmicas	Quartzolit	20	4,6 litros podendo variar +-5%	0,23
Emboço	Quartzolit	30	3,0 a 3,4 litros	0,11
Reboco	Quartzolit	20	5,2 litros podendo variar +-5%	0,26
Reboco	Quartzolit	50	7,2 a 7,6 litros	0,15

Fonte: Catálogo Quartzolit (2016).

Dentre os diversos usos da água em obras de construção civil predial, há de se evidenciar o processo de endurecimento com concreto, conhecido comumente como “cura”, o qual tem a finalidade de torná-lo mais durável com a aplicação de água na sua superfície durante certa frequência, no caso de realização adequada. Yazigi (2004) avalia o processo de cura do concreto de forma positiva após sua concretagem, pois a água é requisito fundamental para que aconteçam as reações químicas que ocorrem no estado de endurecimento do concreto.

A cura do concreto deve iniciar-se logo após que termine a pega, fase inicial de endurecimento do concreto, devendo se estender por um período de no mínimo sete dias. Caso o concreto não seja curado de forma adequada, torna-se enfraquecido, podendo ocorrer microfissuras, com perda da resistência, durabilidade e aparência.

Conforme Rama (2016 *apud* ACI 363-R92, 2001), a justificativa para esse comportamento será o aumento de temperatura interna, devido ao alto calor de hidratação e maior proximidade das partículas (que favorece a velocidade de hidratação do cimento). Em razão disso, a água se torna um elemento fundamental na cura do concreto.

Considerando os métodos admitidos atualmente, apresenta-se o uso de películas de cura química, cobertura de serragem ou areia saturadas com água com espessura mínima de 5 cm, cobertura com tecidos saturados com água, papéis betumados, lonas impermeáveis de coloração clara, para que não haja aquecimento do material e posterior retração térmica e muito comumente, ou mesmo a simples umidificação da superfície do concreto com água.

A demanda de água necessária para a cura do concreto pode variar de acordo com a modalidade utilizada. Para uma melhor visualização, o Quadro 3 ilustra duas das formas mais frequentes para o consumo de água com esse fim.

Quadro 3 – Consumo de água na cura do concreto

<b>Tipo</b>	<b>Espessura (cm)</b>	<b>Água (l/m<sup>2</sup>)</b>
Molhagem de tecidos	2,00	0,2
Lâmina de água	5,00	0,5

Fonte: Pessarello (2008).

O uso da água também está presente em outras fases da edificação, como nos testes da impermeabilização em áreas molhadas, por exemplo, em banheiros e área de serviços em apartamentos.

Os testes de impermeabilização estão diretamente ligados ao consumo de água devido à metodologia utilizada em sua confecção, ou seja, após sua execução, é necessário que se realizem testes com lamina d'água, com uma duração mínima de 72 horas, para que se tenha certeza dos sistemas empregados (YAZIGI, 2004).

Os consumos de água nos testes de impermeabilização dependem dos elementos que serão testados. Pode-se exemplificar com os testes para pisos, que têm um consumo de água inferior aos testes realizados em piscinas (YAZIGI, 2004).

Durante a pintura, precisa-se de água também, pois as tintas látex têm em sua composição copolímeros de PVA, e na sua utilização deve ser diluída em 20% de água. No Quadro 4 poderemos observar o consumo de água das tintas látex.

Quadro 4 – Consumo de água nas dosagens de tintas Látex

<b>Tipo de látex</b>	<b>Números de demãos</b>	<b>Tinta (l/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Água (l/m<sup>2</sup>)</b>
Látex PVA	2,00	0,17	0,03
Látex Acrílica	5,00	0,17	0,03

Fonte: Livro TCPO composição (2015).

Certamente a utilização de água para limpeza apresenta-se relevante, já que se torna um hábito constante nos canteiros de obra, tanto para as ferramentas como após execução de algumas atividades, uma vez que alguns resíduos da construção civil não são retirados de forma adequada, podendo estragar as ferramentas e danificar superfícies, como no caso das manchas causadas por tintas, colas, resinas, argamassas, que devem ser removidas o mais rápido possível para que não haja manchas nos pisos.

Mesmo quando não houver manchas, é necessária a retirada da poeira com máquinas a jato d'água e imprescindível para entrega do empreendimento ao cliente (PESSARELLO, 2008).

### **2.3 Formas de fornecimento de água para obras**

A seguir, são apresentadas as principais formas de abastecimento de águas em obras civis, com foco no município de Palmas/TO.

#### **2.3.1 Rede de distribuição pública**

Para o consumo de água no canteiro de obra, tanto para consumo humano quanto para realizações de atividades, é recomendado a utilização da água fornecida pelas distribuidoras, a qual apresenta qualidade controlada.

Levam-se em consideração as impurezas presentes na água, com, por exemplo: partículas suspensas, sais dissolvidos, microrganismos, que podem acarretar problemas prejudiciais à saúde e aos materiais que serão homogeneizados com essa água (ODEBRECHT AMBIENTAL/SANEATINS, 2016).

O fornecimento público é realizado por empresas detentoras da concessão dos serviços de abastecimentos, podendo ser pública, privada ou de economia mista.

A cidade de Palmas/TO é abastecida pela empresa concessionária Odebrecht Ambiental/Saneatins, que gera o sistema de abastecimento desde a captação da água na

natureza, passando pelo tratamento e armazenamento, até a distribuição ao consumidor final, que fará uso e despejo dessa água (ODEBRECHT AMBIENTAL/SANEATINS, 2016).

Esse abastecimento no município, em sua maior parte, está integrado à ETA 006, que abastece parte da região central de Palmas (Plano Diretor) e da região Sul (Aureny, Taquaralto, Taquari). Existem ainda outros sistemas menores que complementam as vazões necessárias ao abastecimento, compondo, assim, o abastecimento da sede municipal. O sistema conta ainda com o abastecimento dos Distritos de Buritirana e Taquaruçu, que possuem sistemas de produção e distribuição independentes. Palmas atende a 99% da população urbana do município, abastecida por meio de sete sistemas produtores, sendo cinco na SEDE MUNICIPAL, que representam uma capacidade de 1.013 l/s, e dois nos DISTRITOS de Buritirana (4,5 l/s) e Taquaruçu (13 l/s). De acordo com o Quadro 5, podemos observar a distribuição de água abrangida (ODEBRECHT AMBIENTAL/SANEATINS, 2016).

Quadro 5 – Sistema de fornecimento de água

Sistema	ETA	Capacidade	Manancial	Distribuição Atual	
				Região Central	Região Sul
<b>Sede Municipal (Região Central + Região Sul)</b>	ETA 006	700	Ribeirão Taquaruçu	450	250
	ETA 003	100	Ribeirão Água Fria	100	
	ETA 005	80	Córrego Brejo Cumprido	80	
	ETA 008	38	Subterrâneo	38	
	ETA 009	95	Subterrâneo	-	95
	Sub-Total	1.013		668	345
<b>Distrito de Buritirana</b>	MINAS	4,50	Córrego Barreiro (Minas)	---	---
<b>Distrito de Taquaruçu</b>	ETA 007	13	Córrego Roncador	---	---

Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas/TO (2013).

O custo cobrado pelo fornecimento de água leva em consideração variáveis, como amortização das despesas de implantação da rede, consumo, previsão de devedores, condições ambientais, fatores climáticos, categorias, serviço de saneamento, entre outros. Em geral, as edificações ou canteiro de obras têm seu hidrômetro individual, em que é feita a leitura do consumo mensal e emitida a conta d'água.

As categorias são classificadas em pública, comercial, industrial e residencial, e para cada uma delas a tarifa é cobrada de forma diferente. No caso da construção de obras verticais, sua categoria se enquadra como industrial (SILVA; VIOLIN, 2013).

### 2.3.2 Fornecimento de água por meio de caminhões pipa

Para esse fim, as empresas devem adequar o transporte de água e atenderem os requisitos do Ministério da Saúde, como, por exemplo, relatório de potabilidade da água com análises laboratoriais, e os caminhões devem revestir a parte interna dos seus tanques com epóxi. Em geral, o fornecimento pode ser solicitado em caminhões que contenham capacidade de carga entre 10,15 e 30 m<sup>3</sup> (SILVA; VIOLIN, 2013).

Conforme a tabela de serviços disponível pela Odebrecht Ambiental/Saneatins (2017), existem valores fixos para a prestação desse serviço, mas, de acordo com o volume de água contratada, poderá haver variação nos valores.

O custo atual para 10 m<sup>3</sup> é de R\$ 93,49, ou seja, 9 reais e 35 centavos por metro cúbico, já no caso dos caminhões de 15 e 30 m<sup>3</sup>, o custo é de 9 reais e 97 centavos por metro cúbico.

### 2.3.3 Fornecimento de água por meio de poços artesianos

Em Palmas, conforme pesquisa de campo com construtoras e engenheiros, cerca de 55% das obras verticais são abastecidas, de forma parcial, por poços.

Para se perfurar e operar poços tubulares profundos no estado do Tocantins, são necessários a obtenção de outorga e também o licenciamento da exploração de recursos hídricos junto ao NATURATINS (Instituto Natureza Tocantins), órgão responsável pela fiscalização, seja de forma superficial ou subterrânea. O órgão ainda conta com o Conselho Estadual de Meio Ambiente (COEMA).

A legislação que trata da exploração e uso de águas subterrâneas são:



- Decreto Estadual n. 2.432/2005, regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos de que dispõem os artigos 8º, 9º da Lei estadual n. 1.307/2002;
- Decreto Estadual n. 2.432/2005, art. 1º, “a outorga do direito de uso de recurso hídricos – ODURH de domínio do Estado e da União, cuja gestão e fiscalização a ele sido delegada, e regulamentado por este DE. Incumbe ao NATURATINS outorgar o direito de uso dos recursos hídricos”.

A ORUAS (outorga e restrição de usos de águas subterrâneas) será transmitida com base nos estudos hidrogeológicos e nas informações sobre os poços, das quais precisará constar, dentre outras, de acordo com DE n. 2.432/2005 seção IV:

- a) perfis litológicos;
- b) análise de qualidade da água;
- c) teste de bombeamento.

O DE n. 2.432/2005, art. 10, estabelece que: “obra de perfuração de poço para extração de águas subterrâneas só poderá ser iniciada com a anuência do NATURATINS [...]”.

Após autorização para perfuração do poço, devem-se levar em consideração as seguintes características para melhor local-lo: a geologia do local, a vazão necessária ou esperada, a qualidade físico-química da água e a distância entre a profundidade prevista de captação (nível dinâmico do poço) e o ponto de recepção dessa água (reservatório). Devem englobar os tipos de rochas previstos a serem perfurados; diâmetro de perfuração, especificações dos materiais a serem empregados durante a perfuração e aqueles aplicados em definitivo no poço e aos serviços de complementação, tais como: desenvolvimento, teste de bombeamento, coleta e análises de água, laje de proteção sanitária, cimentações e desinfecção (PESSARELLO, 2008).

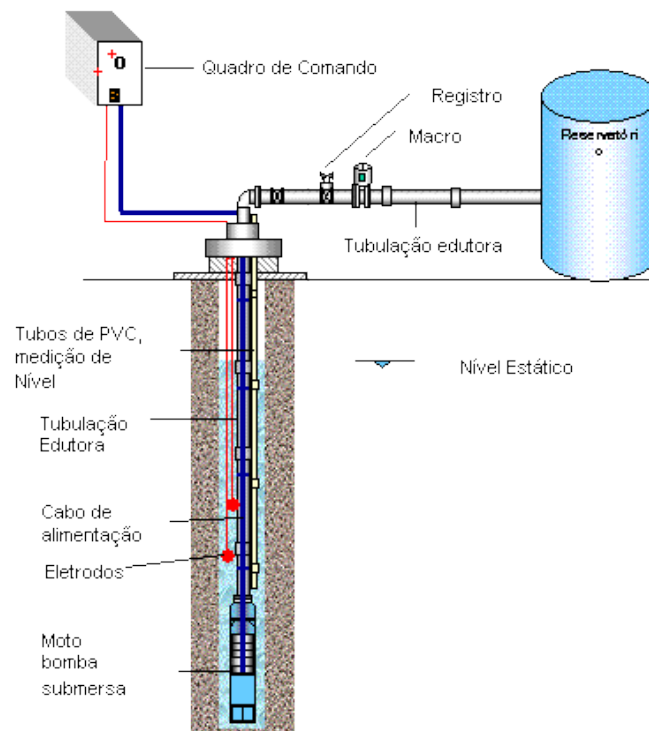
A perfuração de um poço artesiano em uma obra de engenharia civil é constituída abaixo do nível do solo, utilizam-se processos de tecnologia e equipamentos similares aos usados na perfuração de poços de petróleo. O poço artesiano é, do ponto de vista técnico, um poço tubular profundo, para o qual se exigem cuidados construtivos normatizados pela ABNT – Normas Técnicas n. 12.212 e n. 12.244.

São utilizados ferramentas e equipamentos de grande porte, como máquinas perfuratrizes rotopneumáticas, mais eficientes do que as antigas sondas percussoras ou

rotativas, e que constroem com maior precisão os dois tipos de poços: em sedimento de rocha ou misto.

O método de perfuração de poços artesianos (Figura 1) é um trabalho especializado que exige a exploração de águas subterrâneas, podendo atingir até 2.600m de profundidade, sendo total ou parcialmente revestidos, conforme as condições geológicas. A perfuração de poços tubulares deve ser feita por um quadro técnico responsável composto por engenheiro, geólogo, engenheiro de minas ou mesmo engenheiro com atribuições conferidas pelo CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Tocantins).

Figura 1 – Método de perfuração do poço



Fonte: ABAS – FIESP – DH Perfurações (GIAMPÁ; GONÇALVES, 2012).

Existem, assim, dois tipos de perfurações:

- **em rochas sedimentares** – no momento em que esses poços são perfurados com revestimento total, têm em seu interior a aplicação de uma coluna de revestimento composta por tubos cegos e filtros e seu espaço anular preenchido por seixos selecionados (pré-filtro) com a sua granulometria variando de local para local. Essa perfuração ocorre quando as rochas são de baixa coesão com espaços intergranulares, ou seja, oferecem permeabilidade. Com isso, a água é transmitida por meio da

intercomunicação entre os espaços vazios e armazenada. Esse tipo de rocha necessita de que o poço receba tubos de revestimento liso e filtros para haver transmissão de água para dentro do poço;

- **em rochas sãs (cristalina e ígneas)** – os poços têm revestimento diferenciado, atingindo apenas a parte superior de rocha sedimentar até a rocha sã. Esses tipos de rochas, por terem porosidade e permeabilidade quase nulas, permitem que a água seja transmitida por meio de descontinuidades representadas pelas fraturas e fissuras geológicas. Essas rochas permitem que as paredes do poço se sustentem drenando a água diretamente para o interior do poço após perfurado. O processo de perfuração prevê ainda a aplicação de uma coluna de revestimento composta por tubo cego e seu espaço anular preenchido por calda de cimento, perfazendo sua selagem sanitária, o que evita qualquer tipo de contaminação provinda de infiltração por camadas sedimentares superiores. Após esse processo, a perfuração tem continuidade por dentro do tubo, utilizando-se equipamentos apropriados para perfuração de rochas.

Com o poço tubular profundo concluído e tendo os dados hidrodinâmicos determinados após o teste de bombeamento como NE (Nível Estático), ND (Nível Dinâmico), Q (Vazão Máxima),  $Q_e$  (Vazão Escalonada),  $Q_s$  (Vazão Específica), S (Rebaixamento),  $R_c$  (Recuperação), perdas de cargas nas canalizações de recalque e elevações, poder-se-á calcular a Altura Manométrica (AM) relacionada à eletrobomba submersa, para definir corretamente o equipamento de bombeamento que entrará em operação, devendo recalcar a água do interior do poço até o reservatório, como também o diâmetro de tubulações de recalque, cabo elétrico e painel de comando.

É de fundamental importância que a operação do poço seja monitorada por um técnico habilitado (engenheiro civil, engenheiro de minas, geólogo e engenheiro químico). Além de supervisão, esse tipo de poço necessita de manutenção constate.

O custo para todo esse processo é elevado, com retorno a longo prazo. Para um poço com profundidade aproximada de 50 metros, estima-se o custo de 30 mil reais, conforme pesquisa realizada pela revista construção mercado (PINI, 2007).

Cabe, também, abordar sucintamente outros tipos de fornecimento de água que, embora pouco utilizados em regiões urbanizadas, ainda são técnicas possíveis e presentes no Brasil. São eles:

- poço manual: são poços escavados de forma manual com baixo custo, mão de obra não especializada e ferramentas básicas. A forma de captação de água parte da retirada de água do lençol freático;
- cisterna: reservatórios que armazenam água da chuva.

## **2.4 Orçamento na construção civil**

O planejamento, juntamente com o controle de produção na construção civil, é de suma importância, pois é considerado como um recurso subsequente ao conjunto de ações necessário para evitar atrasos e baixa produtividade (CARDOSO, 2009).

Conforme ressalta Cardoso (2009), o planejamento tem como característica principal o sucesso do empreendimento, ou serviço pleiteado, fazendo-se a implantação de diretrizes que possam ser acompanhadas pelas seguintes etapas:

- planejamento estratégico, que visa a analisar todas as atividades;
- planejamento tático, com o objetivo de analisar os principais recursos, por exemplo, mão de obra, materiais, encargos sociais e etc.;
- planejamento operacional, o qual avalia cada atividade de forma isolada para que haja maior produtividade na sua execução.

Sobre o planejamento, Gonçalves (2011, p. 32) assevera que “ter capacidade de planejar e gerenciar o custo da construção é, certamente, um dos principais diferenciais competitivos que uma empresa deve buscar. [...]”.

O Instituto de Engenharia (2011) define as condições determinantes para o planejamento juntamente com a execução de serviços dentro de uma obra, sendo, assim, necessário analisar todos os fatores, tais como equipamentos, porte/volume do serviço, prazo de execução de obra e, por fim, jornada de trabalho.

Dessa forma, para se definir o orçamento, é necessário analisar e entender todo conjunto de fatores que compõem o projeto, então, o planejamento orçamentário deve direcionar os passos para que os objetivos organizacionais sejam atingidos, levando em consideração a viabilidade econômico-financeira, o levantamento de materiais e serviços e toda mão de obra necessária em todas as etapas da obra, buscando um controle de execução do empreendimento (TISANKA, 2011).

Os resultados de um planejamento adequado podem auxiliar também na tomada de decisão nos serviços de abastecimento de água, enquanto esses serviços públicos são de responsabilidade do município. No entanto, conforme Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a prestação de serviço público pode ser concedida, transitoriamente, ao particular mediante contrato, sendo preservada ao estado as competências de fiscalização e regulamentação.

No caso de utilização de águas subterrâneas em edificações verticais no âmbito do abastecimento de água, é necessária a obtenção de outorga junto a órgãos de controle, que no Tocantins é feito pela Naturatins.

Com o orçamento é possível que seja analisada a viabilidade econômico-financeira do serviço de abastecimento de água por meio de poços artesianos, efetuando o levantamento de materiais, serviços e mão de obra, gasto com fornecimento de água por serviço público no período da construção e para atividades finais dos usuários.

Isso exige pesquisa de preços dos insumos, análise da composição dos custos, para que se possa disponibilizar um orçamento bem detalhado que reduza o grau de incertezas na tomada de decisão e na continuação dos serviços (MATTOS, 2006).

De acordo com Dórea (2006), entende-se como composição de custo unitário o método estabelecido dos custos incorridos para realização de um serviço, especificado por insumo e referente a requisitos pré-estabelecidos. A composição descreve todos os insumos que compõem a execução do serviço, com suas respectivas quantidades e seus custos.

A composição de custo unitário pode ser adquirida em algumas fontes, e as mais utilizadas são as literaturas especializadas. Dórea (2006, p. 72) afirma que “uma boa referência é a tradicional publicação Tabela de Composição de Preços para Orçamento – TCPO, editora PINI”.

Os valores de equipamentos, mão de obra e materiais podem ser encontrados por meio de cotações de insumos, ou por meio da tabela do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), da Caixa Econômica Federal.

## **2.5 Estudo do consumo de água em obras verticais**

O modelo dos fatores foi proposto por H. Randolph Thomas, da Pennsylvania State University, em que, segundo Souza (1996), embora o modelo tenha sido, inicialmente, feito para fins de estudo da mão de obra, pode facilmente ser adaptado para análise do consumo de água, identificando de forma qualitativa e quantitativa. Basicamente, analisa-se o consumo de água e os fatores que poderiam influenciar o consumo mensal.

A aplicação do método dos fatores tem como metodologia a coleta de dados dos canteiros de obras a serem estudados. Para tal, analisa-se o consumo de água no canteiro de obra por meio de documentos presentes, como contas de água, diário de obra e etc.

Além disso, é necessário que se observe a quantidade de serviços executados em determinadas etapas, sendo comumente registrado no diário de obra ou cronograma físico da obra. Com os dados analisados, é possível verificar o pico de consumo da construção e em quais atividades se consome mais água.

De forma geral, o método abordado passa por seis etapas:

- 1<sup>a</sup>** - visa a quantificar a demanda mensal de água;
- 2<sup>a</sup>** - tem por objetivo o levantamento dos dados específicos de cada obra, como quantidade de colaboradores no canteiro de obra etc.;
- 3<sup>a</sup>** - está relacionada diretamente ao canteiro de obras e seus elementos, como vestiários, sanitários, refeitórios etc.;
- 4<sup>a</sup>** - relativa a recolhimento de dados dos serviços mensais, que podem ser encontrados no diário de obra ou cronograma físico do empreendimento;
- 5<sup>a</sup>** - refere-se à organização dos dados e sua organização de forma cronológica;
- 6<sup>a</sup>** - analisam-se os dados recolhidos, encontrando indicadores do consumo, sendo necessário relacioná-los aos fatores relevantes para explicar as situações encontradas.

Para a presente pesquisa, também será levado em consideração o consumo de energia do poço artesiano e todo seu processo construtivo. Com isso, será possível avaliar a viabilidade de implantação dos poços artesianos nos canteiros de obras e sua utilização posterior em serviços cotidianos.

### 2.5.1 Bombeamento

Para retirada de água dos poços artesianos, utilizam-se bombas hidráulicas e, para seu projeto e manuseio, há de se realizar o dimensionamento completo do conjunto motor bomba, como elemento central.

O sistema indicado a elevar a pressão da água em uma instalação predial de água fria é a instalação elevatória, caso a pressão disponível na fonte de abastecimento seja insuficiente para abastecimento de forma direta, ou no caso de abastecimento de forma indireta para o abastecimento do reservatório elevado. Inclui também o caso em que um equipamento é usado para elevar a pressão em pontos de utilização localizados (NBR 5626/1998, item 3.18).

### 2.5.2 Cálculo de perdas de carga

A perda de carga é um fator pertinente para o cálculo da potência do motor, que será aplicado no conjunto motor-bomba para a elevatória. Essa perda ocorre tanto na tubulação quanto nas peças de ligações.

- Perda de carga nos tubos: a perda de carga ao longo de um tubo provém do seu comprimento e diâmetro interno, da rugosidade da sua superfície interna e vazão. Para calcular o valor da perda de carga nos tubos, recomenda-se utilizar a equação universal, obtendo-se os valores das rugosidades junto aos fabricantes dos tubos (NBR 5626/1998 anexo A).
- Perda de carga nas conexões: nas conexões ligam os tubos, originando as tubulações, a perda de carga deve ser evidenciada em termos de comprimentos equivalentes desses tubos. Quando for não executável prever os tipos e números de conexões a serem utilizadas, um procedimento alternativo resume-se em estabelecer uma porcentagem do

comprimento real da tubulação como o comprimento correspondente necessário para cobrir as perdas de carga em todas as ligações; essa porcentagem pode variar de 10% a 40% do comprimento real, dependendo da dificuldade de desenho da tubulação, e o valor realmente usado procede da experiência do projetista (NBR 5626/1998, anexo A).

Equação para aproximação de perda de carga – Fórmula de HANZEN-WILLIAMS

$$Hf = 10,65 \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87} C^{1,85}} L \quad (1)$$

Onde:

Hf = perda de carga total;

L= comprimento total da tubulação;

C= Valores do Coeficiente C de HAZEN-WILLIAMS;

D= diâmetro da tubulação;

Q= vazão.

Para o cálculo da vazão, pode-se utilizar a equação da continuidade (NETO, 1998, p. 164).

$$Q = AV \quad (2)$$

Onde:

A= área da seção interna da tubulação;

V= velocidade de escoamento.

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (3)$$

A NBR 5626/1998, item 5.4.3, avalia que as tubulações devam ser dimensionadas de modo que a velocidade da água, em qualquer trecho de tubulação, não atinja valores superiores a 3 m/s. O Quadro 1 apresenta os valores do coeficiente C de perda de carga, e o Quadro 2, as perdas de carga em conexões.



### 2.5.3 Cálculo da potência do motor-bomba

O conjunto motor-bomba deverá vencer a altura manométrica que é a soma da diferença de nível mais as perdas de carga (NETO, 1998).

Equação para o cálculo da altura manométrica.

$$Hm = Hs + Hr + Js + (V^2/2g) \quad (4)$$

Onde:

$Hm$  = altura manométrica;

$Hs$  = altura de sucção;

$Hr$  = altura de recalque;

$Js$  = perda e carga total;

$V^2/2g$  = altura representativa da velocidade, em metro, na saída da bomba.

Equação para cálculo da potência do motor bomba (NETO, 1998 pag.270).

$$P = \frac{\gamma Q H_m}{75 \eta} \quad (5)$$

Onde:

$P$  = potência do conjunto motor bomba em cv ou Hp;

$\gamma$  = peso específico do líquido a ser elevado (água ou esgoto 1000 Kgf/m<sup>3</sup>);

$\eta$  = rendimento global do conjunto motor-bomba (%).

### 2.5.4 Consumo de energia elétrica

Apresentamos a seguir as diretrizes relacionadas à estrutura tarifária do consumo de energia elétrica atualmente em vigor no Brasil para uma melhor compreensão quanto aos passos

para a implantação de um sistema de gerenciamento de energia elétrica. De acordo com a tensão de fornecimento, os consumidores são divididos em:

- a) Usuários do grupo A (Alta Tensão): consiste dos consumidores ligados em tensões iguais ou superiores a 2,3KV, subdivididos em:
- Subgrupo A1: 230KV ou mais
  - Subgrupo A2: 88KV a 138KV
  - Subgrupo A3: 69KV
  - Subgrupo A3a: 30KV a 44KV
  - Subgrupo A4: 2,3KV a 25KV
  - Subgrupo AS: subterrâneo (redes elétricas subterrâneas)
- b) Usuários do grupo B (Baixa Tensão): consiste dos consumidores ligados em tensão inferior a 2,3KV (110V, 220V e 440V), subdivididos em:
- Subgrupo B1: residencial e residencial de baixa renda
  - Subgrupo B2: rural, cooperativa de eletrificação rural e serviço público de irrigação
  - Subgrupo B3: demais classes
  - Subgrupo B4: iluminação pública

Para o cálculo do consumo de energia elétrica quando a potência está expressa em HP, pode ser feito o cálculo do consumo Horário e multiplicar esse valor pela quantidade de horas de funcionamento diário e pela quantidade de dias de bombeamento mensal. Para esse cálculo, pode ser utilizada a equação fornecida por (DÓREA, 2006, p. 123).

$$Eh = HP \times 0,75 \times \text{custo Kw/h} \quad (6)$$

Onde:

Eh = custo do consumo de energia por hora;

HP = potência em HP, (1HPx0,75=1Kw)

KW/h = quilowatt por horas.

Complementando a fórmula para o consumo mensal teremos:

$$\text{Consumo mensal} = \left( \text{HP} \times 0,75 \times \text{custo (R\$)} \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right) \times \text{Tfd} \times \text{Dm} \quad (7)$$

HP = potência em HP, (1HPx0,75=1Kw);

KW/h = quilowatt por horas;

*Tfd* = tempo de funcionamento diário (em horas);

*Dm* = quantidade de dias de funcionamento mensal.

### **3 METODOLOGIA**

Este trabalho foi dividido em etapas pré-estabelecidas, visando à organização sistemática de todos elementos necessários para atender os objetivos da pesquisa, apresentando detalhadamente qual foi o modo de obtenção dos dados estudados e como estes dados foram analisados e inter-relacionados.

#### **3.1 Levantamento bibliográfico**

Inicialmente realizou-se um estudo bibliográfico em livros, teses e artigos científicos sobre a gestão dos recursos hídricos em áreas urbanas, mais especificamente nas redes públicas de água da empresa concessionária Odebrecht Ambiental / Saneatins na cidade de Palmas/TO.

Concomitantemente, foram estudados também os assuntos que abrangem águas subterrâneas, sua classificação e captação nos diversos níveis, enfatizando o uso de poços artesianos, também conhecidos como poços tubulares profundos, sua execução e operação, acrescidos de pesquisa sobre a influência de sua perfuração nos aquíferos locais, por meio de livros, teses e artigos científicos.

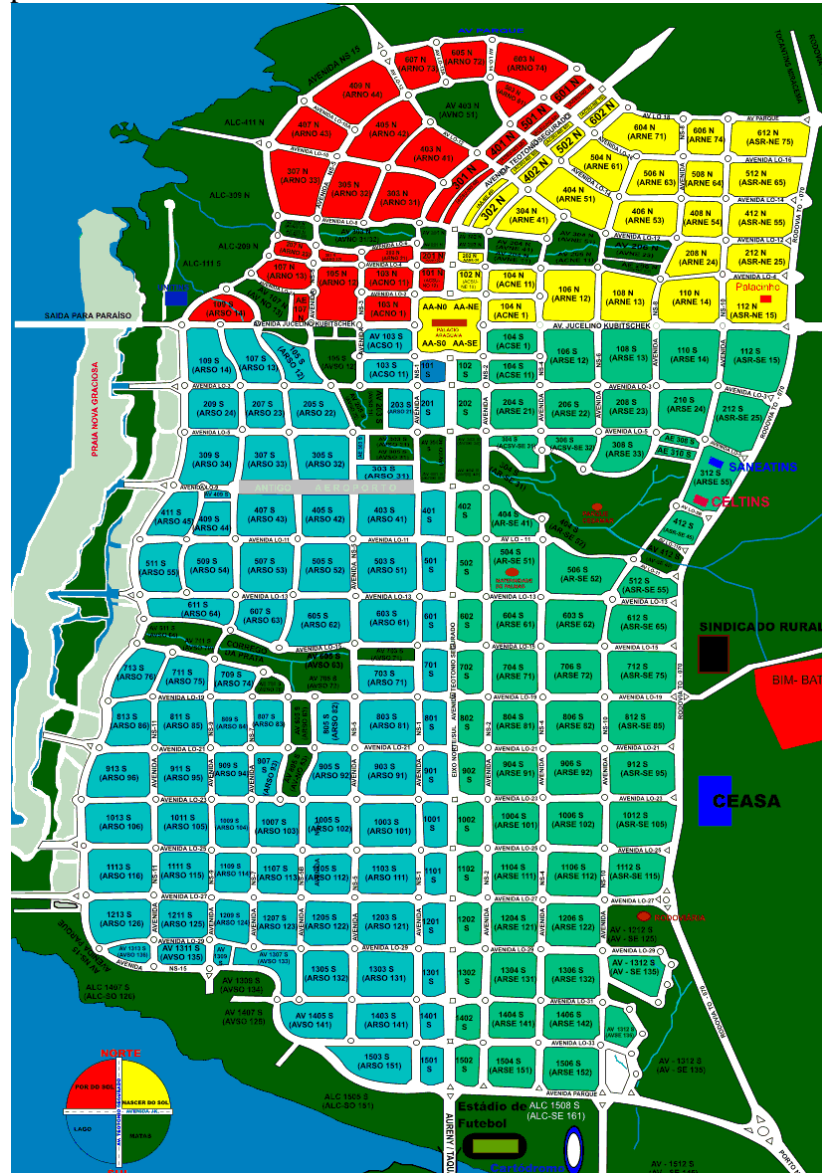
#### **3.2 Localização da área de estudo – Palmas/TO**

O município de Palmas foi fundado em 20 de maio de 1989, logo após a criação do estado do Tocantins pela Constituição de 1988, e a partir do dia primeiro de janeiro de 1990 a cidade de Palmas passou a ser a capital definitiva do estado do Tocantins. Já que inicialmente a cidade ainda não apresentava condições de infraestrutura básica de sediar o governo estadual, este foi situado temporariamente no município vizinho de Miracema do Tocantins.

Com 27 anos, Palmas atinge cerca de 265.400 habitantes e, segundo a prefeitura municipal, 98% da população é atendida com saneamento básico e água tratada. De um modo geral, a cidade é caracterizada pelo seu planejamento e organização, pois foi criada quase da mesma forma que Brasília, com a preservação de áreas ambientais, praças, hospitais e escolas.

Dentro da cidade de Palmas, delimitou-se a área compreendida entre as avenidas LO 04 e LO 33 devido a ser a região com maior quantidade de prédios altos e onde a verticalização das obras encontra-se em plena expansão. A Figura 2 ilustra o plano diretor da capital.

Figura 2 – Município de Palmas/TO



Fonte: Modificado de Prefeitura de Palmas (2016).

### 3.3 Levantamento do consumo de água

Após possuir uma base teórica mais sólida sobre o tema e a delimitação da região de estudo, iniciou-se a fase de levantamento de obras de edifícios verticais que já estavam concluídos, uma vez que, após encerrados os trabalhos de construção, os dados coletados sobre

o período de obra estão bem definidos, não sofrendo variação. Esse levantamento foi realizado em quatro prédios executados com estrutura predominantemente convencional de vigas, pilares e lajes moldados in loco, e mais quatro edifícios verticais que foram construídos com alvenaria estrutural armada, prevalecendo a ausência de vigas e pilares. Esse total de oito obras encontra-se na cidade de Palmas/TO.

Cabe salientar que os oito edifícios escolhidos tiveram 100% do seu consumo de água durante a obra fornecido exclusivamente pela rede pública de abastecimento, sem qualquer outra fonte de água simultânea.

Objetivando melhor entendimento de cada obra, apresenta-se uma descrição de todas as principais características dos prédios em fase de construção, como o prazo total para conclusão, número de funcionários em cada etapa, destinação final do edifício e, de forma mais detalhada, os tipos de serviços que utilizaram o uso de água como elemento adicionado aos demais insumos, como em rebocos e contra pisos, ou para a limpeza de serviços em etapas intermediárias e finais. Essas características foram obtidas junto às construtoras, incorporadoras ou administradoras das obras.

Nessa fase, levantou-se o valor total pago pelo uso da rede pública, o volume total de água consumido durante a obra e, em cada mês, obteve-se o pico máximo de consumo, valor fundamental para projetar uma alternativa de fornecimento de água à da oferecida pela rede pública de abastecimento da concessionária Odebrecht Ambiental/Saneatins. Tais informações foram obtidas nas próprias contas de consumo mensal pagas à concessionária da rede pública.

### **3.4 Cálculo do poço padrão teórico**

Visando a conhecer as características dos poços executados recentemente na cidade de Palmas, realizou-se um levantamento de oito poços artesianos, com mais de 100 metros de profundidade, dentro da região delimitada nesta pesquisa, para obtenção de suas particularidades, como diâmetro, profundidade e nível de água encontrado.

Essas características foram utilizadas para gerar um poço padrão teórico, este obtido por meio da média aritmética de cada medida, que serviu para calcular o custo de execução desse poço padrão. Também o pico de consumo máximo obtido nos edifícios em construção servirá

para projetar o conjunto motor-bomba, tubulação e instalação elétrica, entre outros. Tais preços unitários foram obtidos em consulta a lojas e empresas da região de Palmas/TO.

Foi estabelecida uma sequência de cálculo do poço padrão teórico onde:

$$Hf = 10,65 \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87} C^{1,85}} L \quad (1)$$

Onde:

Hf = perda de carga total;

L= comprimento total da tubulação;

C= Valores do Coeficiente C de HAZEN-WILLIANS;

D= diâmetro da tubulação;

Q= vazão.

Para o cálculo da vazão, pode-se utilizar a equação da continuidade (NETO, 1998, p. 164).

$$Q = AV \quad (2)$$

Onde:

A= área da seção interna da tubulação;

V= velocidade de escoamento.

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (3)$$

Equação para o cálculo da altura manométrica.

$$Hm = Hs + Hr + Js + (V^2/2g) \quad (4)$$

Onde:

$H_m$  = altura manométrica;

$H_s$  = altura de sucção;

$H_r$  = altura de recalque;

$J_s$  = perda e carga total;

$V^2/2g$  = altura representativa da velocidade, em metro, na saída da bomba.

Equação para cálculo da potência do motor bomba (NETO, 1998, p. 270).

$$P = \frac{\gamma Q H_m}{75 \eta} \quad (5)$$

Onde:

$P$  = potência do conjunto motor bomba em cv ou Hp;

$\gamma$  = peso específico do líquido a ser elevado (água ou esgoto 1000 Kgf/m<sup>3</sup>);

$\eta$  = rendimento global do conjunto motor-bomba (%).

### 3.5 Estudo de viabilidade financeira

Em posse de todo esse banco de informações, uma nova etapa da pesquisa se iniciou: a fase de compilar esses dados gerando novos e importantes resultados, iniciada com a elaboração de um índice de volume de água consumida dividida por metro quadrado de área construída, para cada tipo de obra. Esses valores estão representados por meio de fórmulas, gráficos e planilhas.

Esse índice poderá, futuramente, ser aplicado em edifícios com o mesmo sistema construtivo, independentemente da área total da edificação.

Paralelamente foi tabelado o cálculo do custo, em Reais, do consumo de água abastecida pela rede pública dividida por metro quadrado de área construída para os dois diferentes tipos de obra estudados. Assim, sabe-se, além do volume de água consumida por metro quadrado construído, o valor gasto com o consumo de água da concessionária por área do edifício.



Com essas informações, realizou-se um paralelo comparando os custos de se utilizar água da rede pública e da água retirada de poços, além de gerar um índice em função da área construída e do tipo de obra que indique em quais casos é viável financeiramente o uso da água da rede pública e em quais a utilização de poços como alternativa se mostra mais vantajosa.

Dessa maneira, pode-se concluir e delimitar uma faixa de a partir de quantos metros quadrados de construção em edifícios verticais torna-se financeiramente viável a execução de um poço artesiano como alternativa à rede pública, e quando, abaixo dessa faixa limite, esse serviço torna-se pouco interessante.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização das obras

As obras estudadas são residenciais multifamiliares e comerciais, as estruturas utilizadas foram umas do tipo convencional de vigas, pilares e lajes moldados in loco, outras com alvenaria estrutural, prevalecendo a ausência de vigas e pilares. As obras foram denominadas para efeito de estudo em A, B, C, D, E, F, G e H.

#### 4.1.1 Obra A

A primeira edificação estudada foi designada obra A, destinada a atender o comércio. Possui dois pavimentos, com área total construída de 796 m<sup>2</sup>, localizando-se na Arne 24, em Palmas/TO.

A obra iniciou-se em janeiro de 2012 e foi concluída em fevereiro de 2013. Aproximadamente oito funcionários trabalharam no decorrer da construção dessa edificação.

Os serviços que utilizaram água foram: para homogeneizar a argamassa utilizada no assentamento de tijolo, cerâmica, pedras e bancadas, na execução do chapisco, emboço, reboco, nas limpezas intermediárias e finais, para cura da laje, além de no concreto aplicado no contra piso e na calçada. O consumo dessa obra está referenciado no Quadro 6.

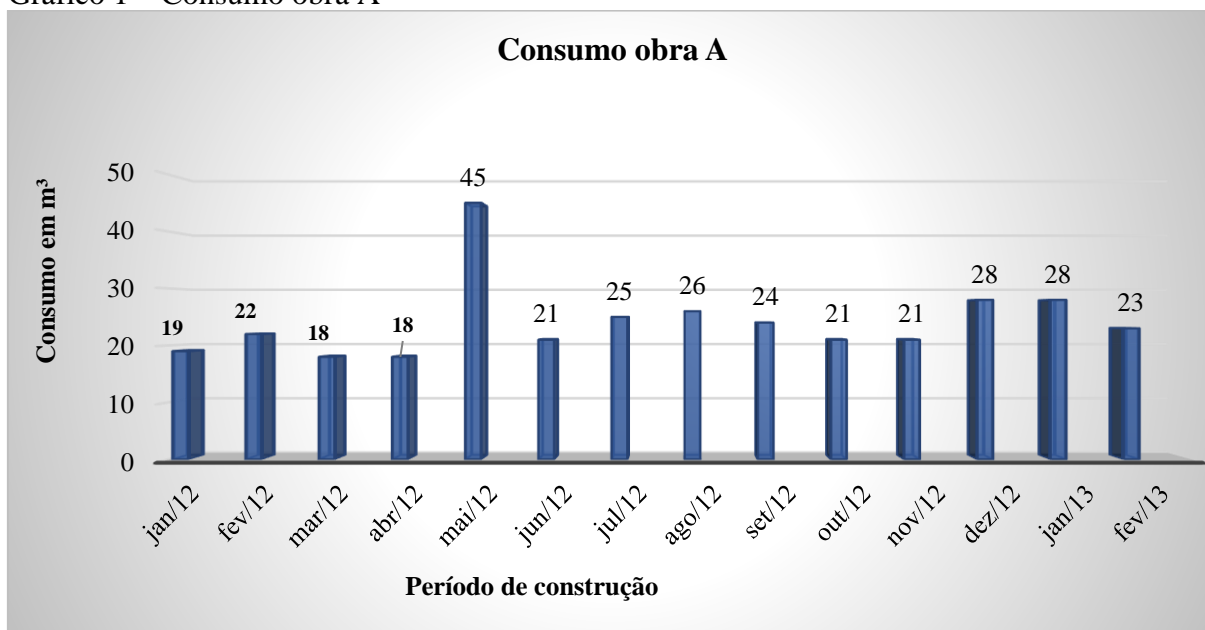
Quadro 6 – Consumo obra A

PERÍODO	CONSUMO (M <sup>3</sup> )
Janeiro/12	19
Fevereiro/12	22
Marco/12	18
Abril/12	18
Maior/12	45
Junho/12	21
Julho/12	25
Agosto/12	26
Setembro/12	24
Outubro/12	21
Novembro/12	21

Dezembro/12	28
Janeiro/13	28
Fevereiro/13	23
<b>Consumo total</b>	<b>339</b>
<b>Média mensal</b>	<b>24,21</b>
<b>Maior consumo</b>	<b>45</b>
<b>Valor total pago</b>	<b>R\$ 3.803,58</b>

Fonte: elaborado pelo autor com valor calculado de acordo com a taxa tarifária da Odebrecht Ambiental (2016).

Gráfico 1 – Consumo obra A



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.2 Obra B

A edificação B destina-se a atender o comércio. Possui dois pavimentos, com área total construída de 411,84 m<sup>2</sup>, localizando-se na Arne 41, em Palmas/TO.

A obra iniciou-se em janeiro de 2012 e foi concluída em janeiro de 2013. Aproximadamente seis funcionários trabalharam no decorrer da construção dessa edificação.

Os serviços que utilizaram água foram: para homogeneizar a argamassa utilizada no assentamento de tijolo, cerâmica, pedras e bancadas, na execução do chapisco, emboço, reboco,

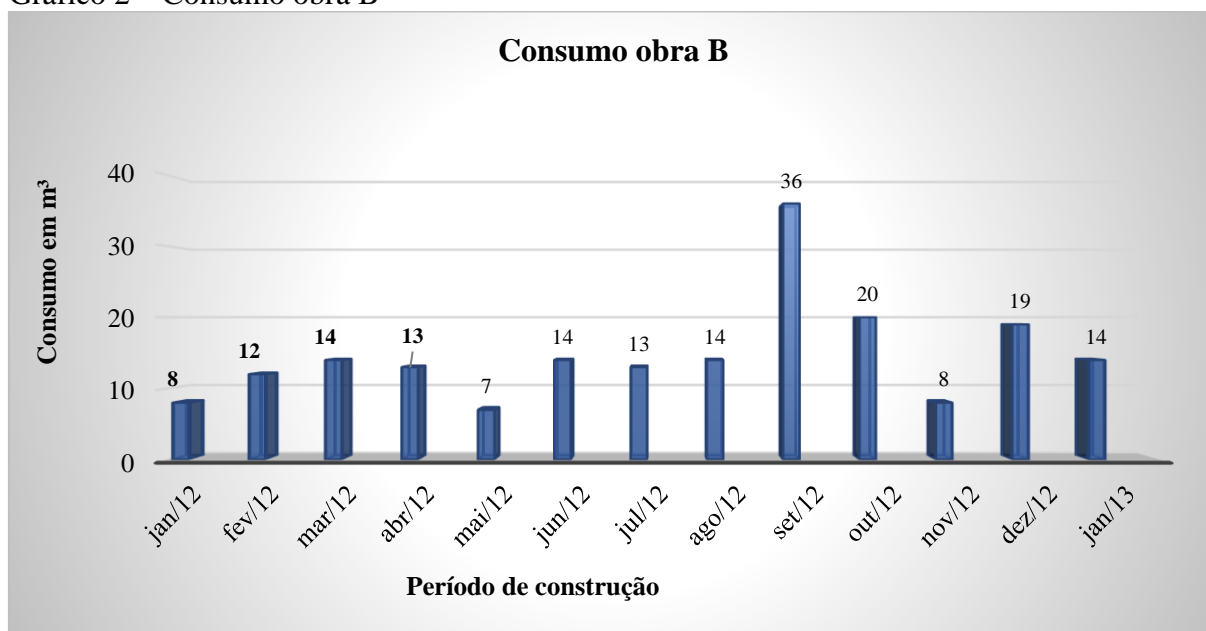
nas limpezas intermediárias e finais, para cura da laje, além de no concreto aplicado no contra piso e na calçada. O consumo dessa obra está referenciada no Quadro 7.

Quadro 7 – Consumo obra B

<b>PERÍODO</b>	<b>CONSUMO (M<sup>3</sup>)</b>
Janeiro/12	8
Fevereiro/12	12
Março/12	14
Abril/12	13
Mai/12	7
Junho/12	14
Julho/12	13
Agosto/12	14
Setembro/12	36
Outubro/12	20
Novembro/12	8
Dezembro/12	19
Janeiro/13	14
<b>Consumo total</b>	<b>192</b>
<b>Média mensal</b>	<b>14,77</b>
<b>Maior consumo</b>	<b>36</b>
<b>Valor total pago</b>	<b>R\$ 2.111,23</b>

Fonte: elaborado pelo autor com valor calculado de acordo com a taxa tarifária da Odebrecht Ambiental (2016).

Gráfico 2 – Consumo obra B



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.3 Obra C

A obra C designa-se ao comércio. Possui dois pavimentos, com área total construída de 1.075 m<sup>2</sup>, localizando-se na 1104 Sul, em Palmas/TO.

A obra iniciou-se em março de 2012 e foi concluída em fevereiro de 2013. Aproximadamente 10 funcionários trabalharam no decorrer da construção dessa edificação.

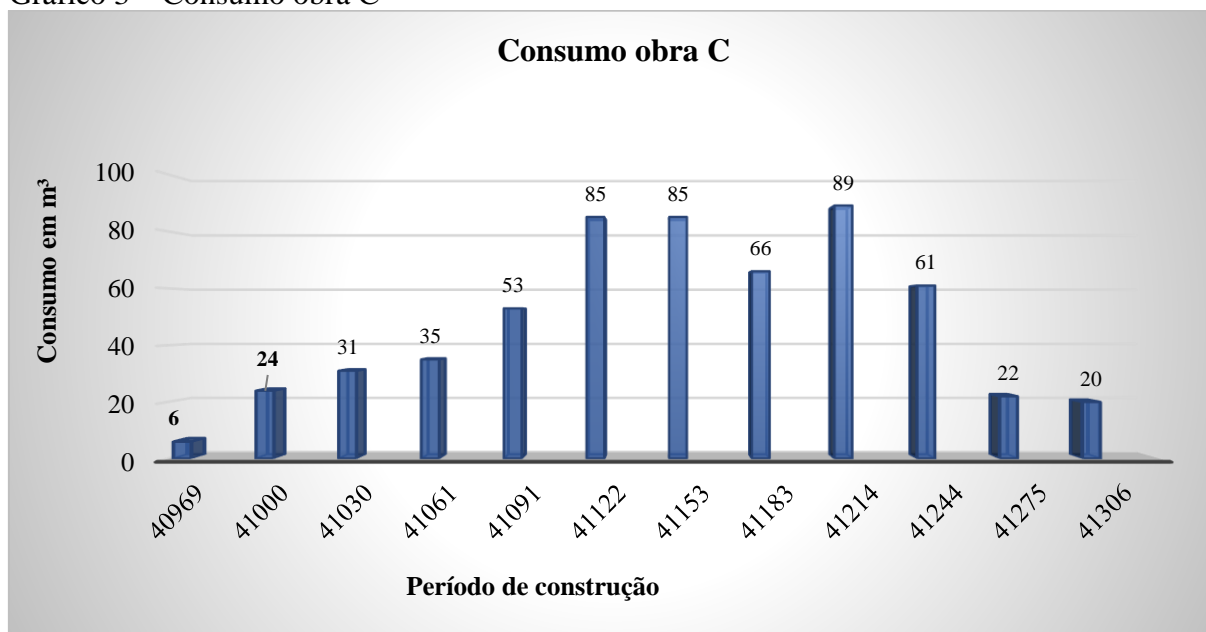
Os serviços que utilizaram água foram: para homogeneizar a argamassa utilizada no assentamento de tijolo, cerâmica, pedras e bancadas, na execução do chapisco, emboço, reboco, nas limpezas intermediárias e finais, para cura da laje, além de no concreto aplicado no contra piso e na calçada. O consumo dessa obra está referenciado no Quadro 8.

Quadro 8 – Consumo obra C

<b>PERÍODO</b>	<b>CONSUMO (M<sup>3</sup>)</b>
Marco/12	6
Abril/12	24
Mai/12	31
Junho/12	35
Julho/12	53
Agosto/12	85
Setembro/12	85
Outubro/12	66
Novembro/12	89
Dezembro/12	61
Janeiro/13	22
Fevereiro/13	20
<b>Consumo total</b>	<b>577</b>
<b>Média mensal</b>	<b>48,08</b>
<b>Maior consumo</b>	<b>89</b>
<b>Valor total pago</b>	<b>R\$ 6.462,72</b>

Fonte: elaborado pelo autor com valor calculado de acordo com a taxa tarifária da Odebrecht Ambiental (2016).

Gráfico 3 – Consumo obra C



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.4 Obra D

A edificação D designa-se à moradia multifamiliar. Possui 14 pavimentos, com área total construída de 8.583,53 m<sup>2</sup>, localizando-se na Arne 21, em Palmas/TO.

A obra iniciou-se em julho de 2010 e foi concluída em junho de 2012. Aproximadamente 80 funcionários trabalharam no decorrer da construção dessa edificação.

Os serviços que utilizaram água foram: para homogeneizar a argamassa utilizada no assentamento de tijolo, cerâmica, pedras e bancadas, na execução do chapisco, emboço, reboco, nas limpezas intermediárias e finais, para cura da laje, além de no concreto aplicado no contra piso e na calçada. O consumo dessa obra está referenciado no Quadro 9.

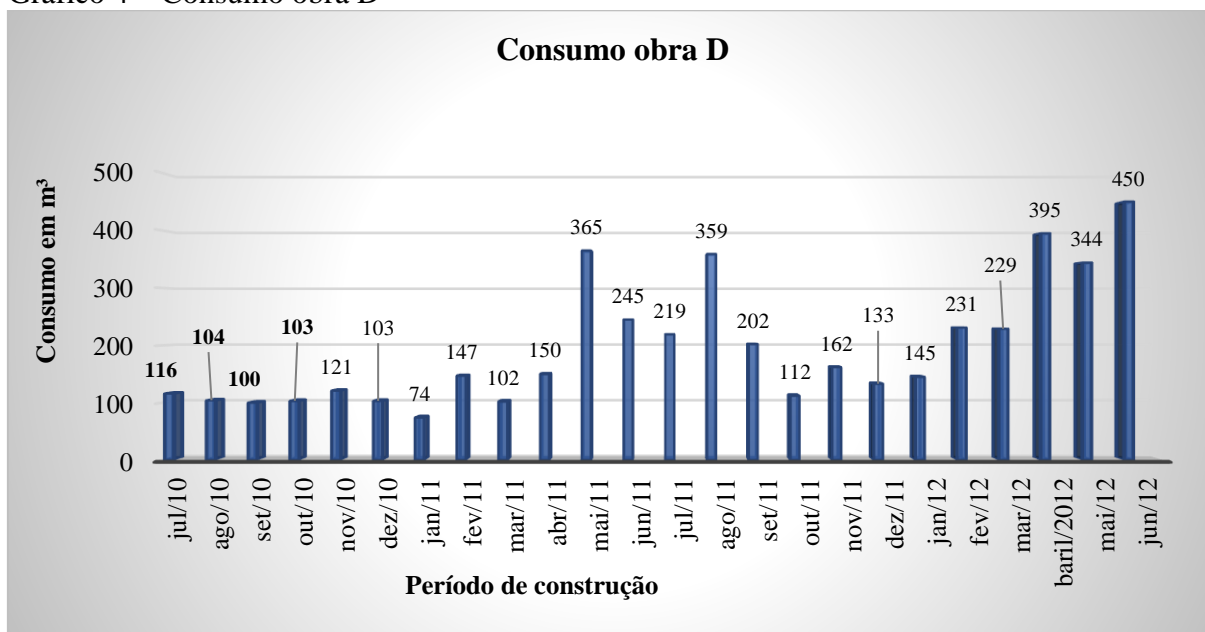
Quadro 9 – Consumo obra D

PERÍODO	CONSUMO (M <sup>3</sup> )
Julho-10	116
Agosto-10	104
Setembro-10	100
Outubro-10	103
Novembro-10	121
Dezembro-10	103
Janeiro-11	74

Fevereiro-11	147
Março-11	102
Abril-11	150
Maió-11	365
Junho-11	245
Julho-11	219
Agosto-11	359
Setembro-11	202
Outubro-11	112
Novembro-11	162
Dezembro-11	133
Janeiro-12	145
Fevereiro-12	231
Março-12	229
Abril-12	395
Maió-12	344
Junho-12	450
<b>Consumo total</b>	<b>4711</b>
<b>Média mensal</b>	<b>196,29</b>
<b>Maior consumo</b>	<b>450</b>
<b>Valor total pago</b>	<b>R\$ 73.020,50</b>

Fonte: elaborado pelo autor com valor calculado de acordo com a taxa tarifária da Odebrecht Ambiental (2016).

Gráfico 4 – Consumo obra D



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.5 Obra E

A edificação E designa-se ao comércio, possuindo 2 pavimentos, com área total construída de 680 m<sup>2</sup>, localizando-se na 104 Norte, na cidade de Palmas/TO.

A obra iniciou-se em outubro de 2014 e foi concluída em dezembro de 2015. Aproximadamente 50 funcionários trabalharam no decorrer da construção dessa edificação.

Os serviços que utilizaram água foram: para homogeneizar a argamassa utilizada no assentamento de tijolo, cerâmica, pedras e bancadas, na execução do chapisco, emboço, reboco, nas limpezas intermediárias e finais, para cura da laje, além de no concreto aplicado no contra piso e na calçada. O consumo dessa obra está referenciado no Quadro 10.

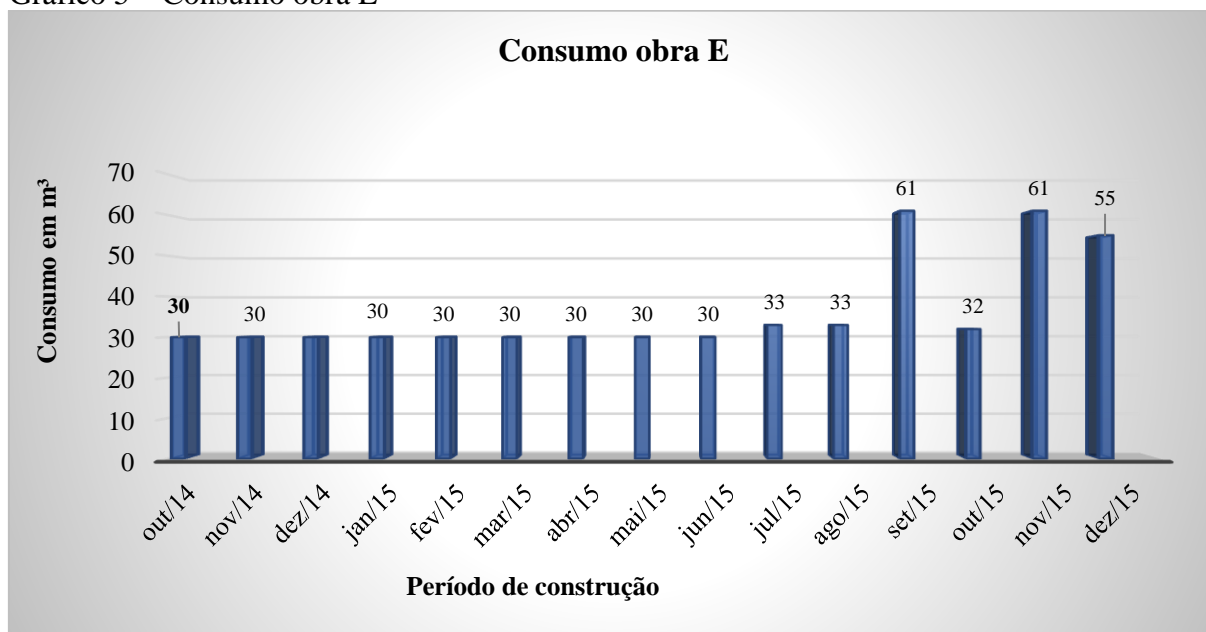
Quadro 10 – Consumo obra E

<b>PERÍODO</b>	<b>CONSUMO (M<sup>3</sup>)</b>
Outubro-14	30
Novembro-14	30
Dezembro-14	30
Janeiro-15	30
Fevereiro-15	30
Março-15	30
Abril-15	30
Maio-15	30
Junho-15	30
Julho-15	33
Agosto-15	33
Setembro-15	61
Outubro-15	32
Novembro-15	61
Dezembro-15	55
<b>Consumo total</b>	<b>545</b>
<b>Média mensal</b>	<b>36,33</b>
<b>Maior consumo</b>	<b>61</b>
<b>Valor total pago</b>	<b>R\$ 6.114,90</b>

Fonte: elaborado pelo autor com valor calculado de acordo com a taxa tarifária da Odebrecht Ambiental (2016).



Gráfico 5 – Consumo obra E



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.6 Obra F

A obra F designa-se à moradia multifamiliar e possui 11 pavimentos, com área total construída de 12.832,20 m<sup>2</sup>, localizando-se na 504 Sul, na cidade de Palmas/TO.

A obra iniciou-se em outubro de 2014 e foi concluída em agosto de 2016. Aproximadamente 120 funcionários trabalharam no decorrer da construção dessa edificação.

Os serviços que utilizaram água foram: para homogeneizar a argamassa utilizada no assentamento de tijolo, cerâmica, pedras e bancadas, na execução do chapisco, emboço, reboco, nas limpezas intermediárias e finais, para cura da laje, além de no concreto aplicado no contra piso e na calçada. O consumo dessa obra está referenciado no Quadro 11.

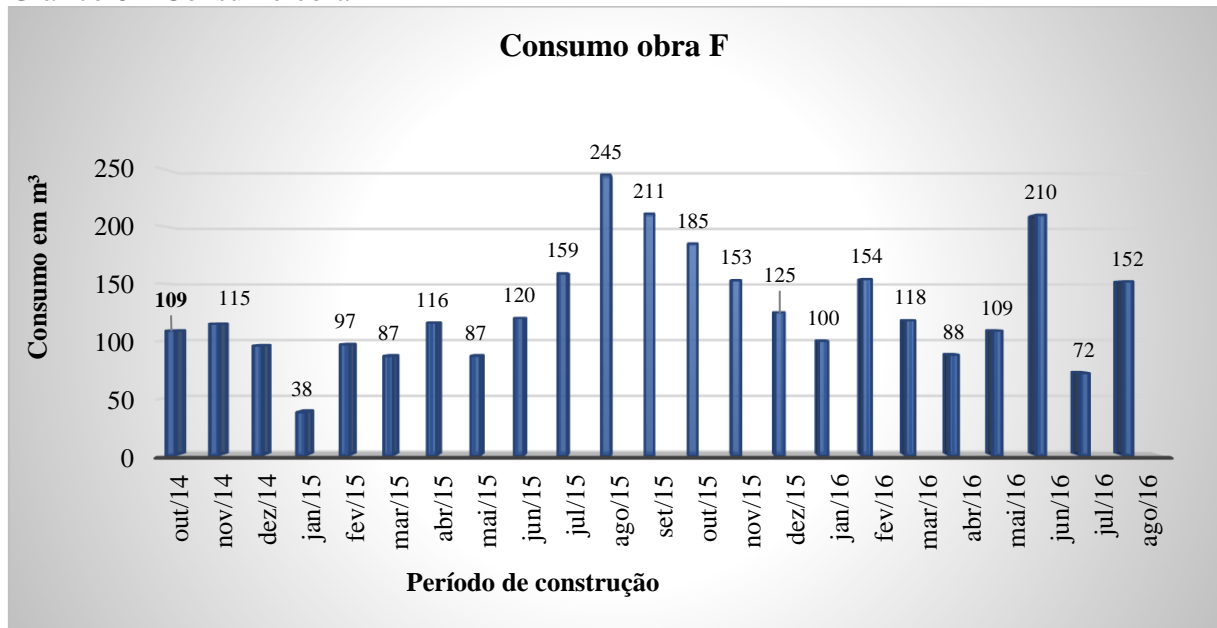
Quadro 11 – Consumo obra F

PERÍODO	CONSUMO (M <sup>3</sup> )
Outubro-14	109
Novembro-14	115
Dezembro-14	96
Janeiro-15	38
Fevereiro-15	97
Marco-15	87
Abril-15	116
Mai-15	87
Junho-15	120

Julho-15	159
Agosto-15	245
Setembro-15	211
Outubro-15	185
Novembro-15	153
Dezembro-15	125
Janeiro-16	100
Fevereiro-16	154
Março-16	118
Abril-16	88
Maió-16	109
Junho-16	210
Julho-16	72
Agosto-16	152
<b>Consumo total</b>	<b>2946</b>
<b>Média mensal</b>	<b>128,09</b>
<b>Maior consumo</b>	<b>245</b>
<b>Valor total pago</b>	<b>R\$ 45.523,54</b>

Fonte: elaborado pelo autor com valor calculado de acordo com a taxa tarifária da Odebrecht Ambiental (2016).

Gráfico 6 – Consumo obra F



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.7 Obra G

A edificação G destina-se ao comércio e possui 7 pavimentos, com área total construída de 2.939,21 m<sup>2</sup>, localizando-se na 103 Norte, na cidade de Palmas/TO.

A obra iniciou-se em outubro de 2014 e foi concluída em fevereiro de 2016. Aproximadamente 26 funcionários trabalharam no decorrer da construção dessa edificação.

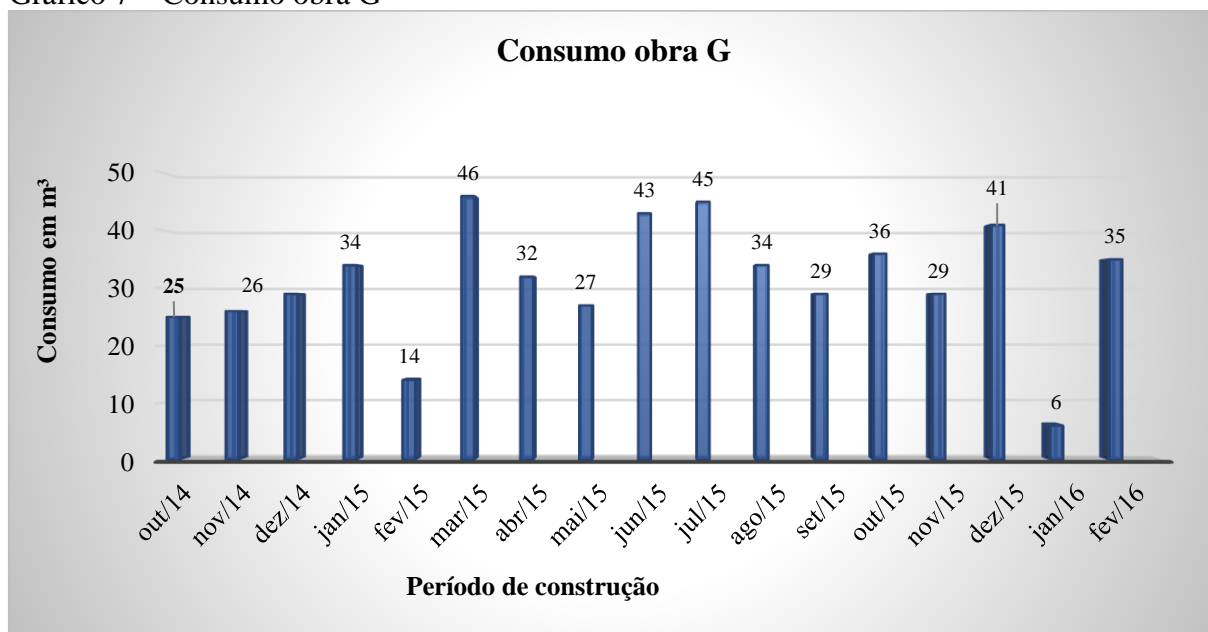
Os serviços que utilizaram água foram: para homogeneizar a argamassa utilizada no assentamento de tijolo, cerâmica, pedras e bancadas, na execução do chapisco, emboço, reboco, nas limpezas intermediárias e finais, para cura da laje, além de no concreto aplicado no contra piso e na calçada. O consumo dessa obra está referenciado no Quadro 12.

Quadro 12 – Consumo obra G

<b>PERÍODO</b>	<b>CONSUMO (M<sup>3</sup>)</b>
Outubro-14	25
Novembro-14	26
Dezembro-14	29
Janeiro-15	34
Fevereiro-15	14
Março-15	46
Abril-15	32
Maió-15	27
Junho-15	43
Julho-15	45
Agosto-15	34
Setembro-15	29
Outubro-15	36
Novembro-15	29
Dezembro-15	41
Janeiro-16	6
Fevereiro-16	35
<b>Consumo total</b>	<b>531</b>
<b>Média mensal</b>	<b>31,24</b>
<b>Maior consumo</b>	<b>46</b>
<b>Valor total pago</b>	<b>R\$ 5.946,60</b>

Fonte: elaborado pelo autor com valor calculado de acordo com a taxa tarifária da Odebrecht Ambiental (2016).

Gráfico 7 – Consumo obra G



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.8 Obra H

A edificação H designa-se à moradia multifamiliar, com 10 pavimentos e área total construída de 8.046,20 m<sup>2</sup>, localizando-se na 706 Sul, na cidade de Palmas/TO.

A obra iniciou-se em julho de 2011 e foi concluída em fevereiro de 2013. Aproximadamente 100 funcionários trabalharam no decorrer da construção dessa edificação.

Os serviços que utilizaram água foram: para homogeneizar a argamassa utilizada no assentamento de tijolo, cerâmica, pedras e bancadas, na execução do chapisco, emboço, reboco, nas limpezas intermediárias e finais, para cura da laje, além do no concreto aplicado no contra piso e na calçada. O consumo dessa obra está referenciado no Quadro 13.

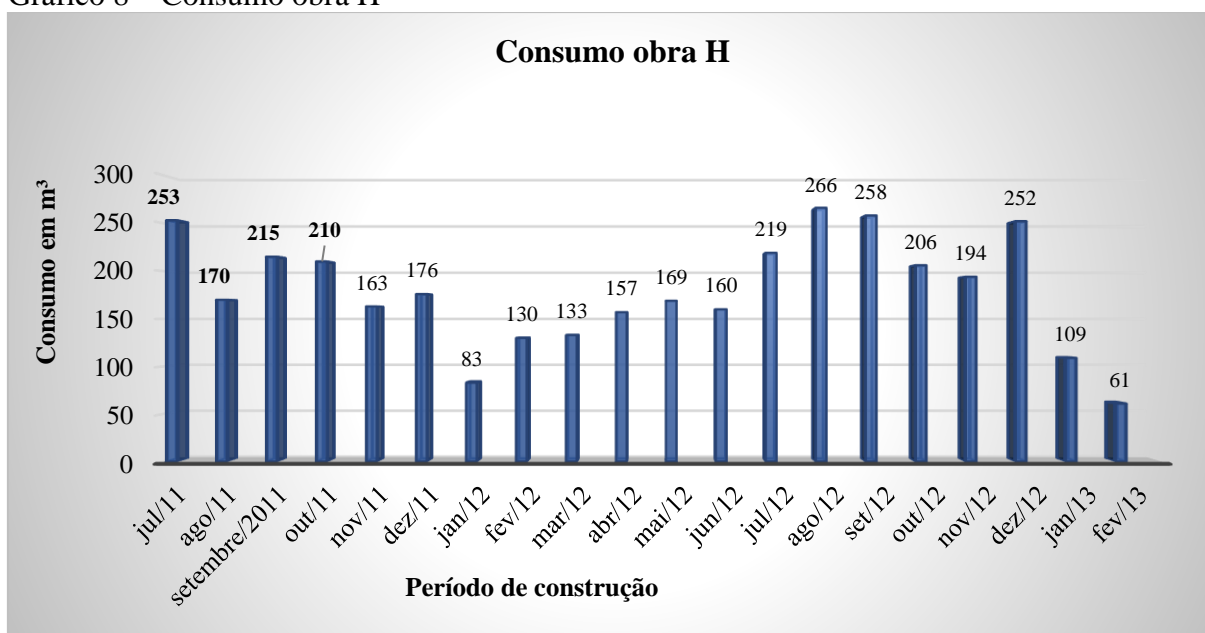
Quadro 13 – Consumo obra H

PERÍODO	CONSUMO (M <sup>3</sup> )
Julho-11	253
Agosto-11	170
Setembro-11	215
Outubro-11	210
Novembro-11	163
Dezembro-11	176
Janeiro-12	83
Fevereiro-12	130

Março-12	133
Abril-12	157
Mai-12	169
Junho-12	160
Julho-12	219
Agosto-12	266
Setembro-12	258
Outubro-12	206
Novembro-12	194
Dezembro-12	252
Janeiro-13	109
Fevereiro-13	61
<b>Consumo total</b>	<b>3584</b>
<b>Média mensal</b>	<b>179,2</b>
<b>Maior consumo</b>	<b>266</b>
<b>Valor total pago</b>	<b>R\$ 55.552,00</b>

Fonte: elaborado pelo autor com valor calculado de acordo com a taxa tarifária da Odebrecht Ambiental (2016).

Gráfico 8 – Consumo obra H



Fonte: elaborado pelo autor.

## 4.2 Consumo

De posse dos valores dos consumos mensais de cada obra, foi obtido o índice individual e médio de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Índice médio de consumo

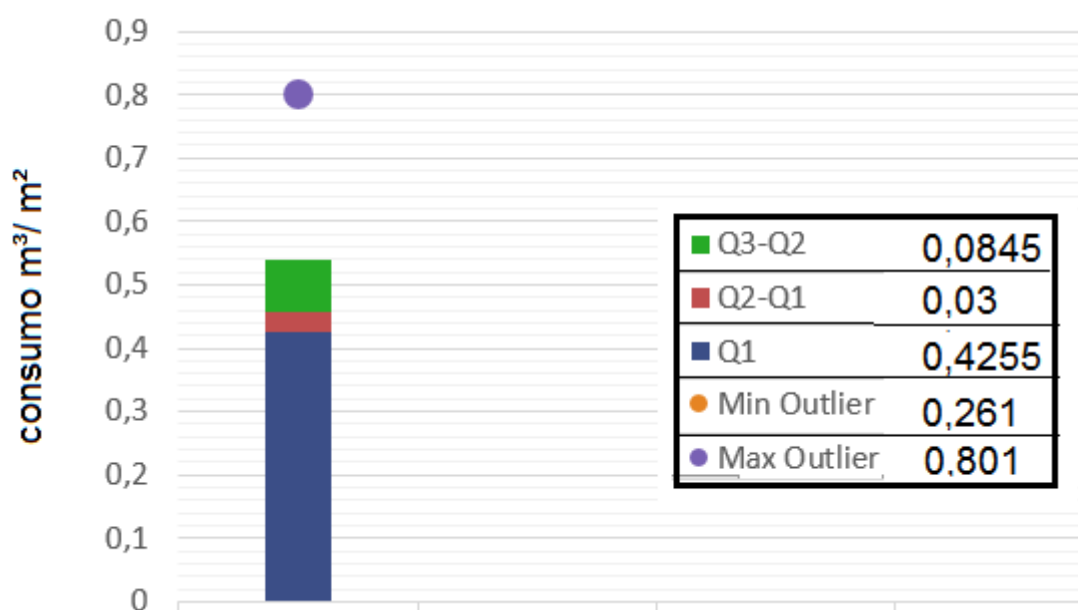
Obra	Área construída (m <sup>2</sup> )	Volume consumido (m <sup>3</sup> )	Consumo(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
A	796,00	339	0,426
B	411,84	192	0,466
C	1.075,00	577	0,537
D	8.583,53	4.711	0,549
E	680,00	545	0,801
F	12.832,20	5.447	0,424
G	2.939,21	768	0,261
H	8.046,20	3.584	0,445
Média	4.420,498	2.020,375	0,4886

Fonte: elaborado pelo autor.

O índice médio de 0,4886 metros cúbicos de água necessária durante a execução de edifícios verticais para cada metro quadrado de obra final representa o consumo das oito edificações estudadas, que será utilizado como parâmetro para calcular o valor de recursos necessários para custear abastecimento de água para a construção de edifícios em Palmas/TO.

O Gráfico 9, a seguir apresenta os valores do conjunto de dados referentes ao índice médio de consumo, como localização, dispersão, assimetria, comprimento da cauda e outliers (medidas discrepantes)

Gráfico 9 – Índice médio de consumo



Fonte: elaborado pelo autor.

### 4.3 Estudo do poço

#### 4.3.1 Dimensões do poço

A seguir pode-se observar, no Quadro 14, as características dimensionais de 8 poços estudados e a média de suas dimensões, profundidade, nível estático e nível dinâmico.

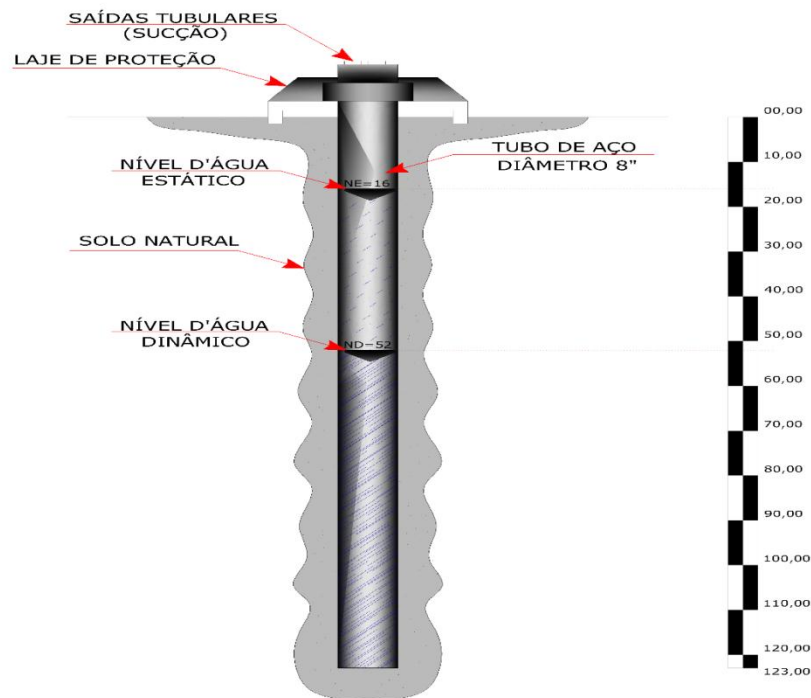
Quadro 14 – Características técnicas dos poços artesianos perfurados em Palmas/TO

<b>POÇOS ARTESIANOS PERFURADOS</b>				
<b>Poço</b>	<b>Profundidade (m)</b>	<b>Vazão Litros/hora</b>	<b>Nível estático (m)</b>	<b>Nível dinâmico (m)</b>
1	86,4	4.800	10	40
2	194,4	17.300	21	69
3	90,7	6.000	27	37
4	190,1	19.000	31	81
5	155,5	18.500	18	72
6	86,4	9.600	2	51
7	74,9	8.000	7	46
8	106	6.500	12	20
<b>Média</b>	<b>123</b>	<b>11,200</b>	<b>16</b>	<b>52</b>

Fonte: Hidroenge e Hidronorte (2016).

Para a realização dos estudos deste trabalho, as dimensões consideradas para o poço teórico serão: profundidade de 123 m; diâmetro 6 polegadas; nível estático 16 m; nível dinâmico 52 m e uma vazão de 11.200 litros por hora. Baseando-se nessas dimensões, foi confeccionada a representação gráfica, conforme Figura 3.

Figura 3 – Poço teórico



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.3.2 Verificação de vazão para licenciamento ambiental

Para a obtenção da autorização de execução do poço, deve ser obtida junto à Naturatins a outorga ou a declaração de uso insignificante, portanto, é necessário conhecer a vazão, em que será considerado um bombeamento durante 26 dias por mês, com tempo de bombeamento de quatro horas diárias e uma vazão de 1,70 m<sup>3</sup> por hora, conforme Quadro 15.

Quadro 15 – Índice de consumo médio mensal

Obra	Consumo médio (m <sup>3</sup> )	Área construída (m <sup>2</sup> )	Índice médio de consumo mensal (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
A	24,21	796,00	0,03
B	14,77	411,84	0,03
C	48,08	1.075,00	0,04
D	196,29	8.583,53	0,02
E	36,33	680,00	0,02
F	128,09	12.832,20	0,009
G	31,24	2.939,21	0,01
H	179,20	8.406,20	0,02
<b>Media</b>	<b>82,27</b>	<b>4.420,49</b>	<b>0,022</b>

Fonte: elaborado pelo autor.



Consumo mensal = índice multiplicado pela área média

$$\text{Consumo mensal} = 0,022\text{m}^3 \times 4.420,49 \text{ m}^2$$

Consumo mensal sendo uma vazão  $Q = 97,25 \text{ m}^3/\text{mês}$

$$\text{Vazão diária } Q = 97,25 \text{ m}^3/26$$

$$Q = 3,74 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Vazão final: com o tempo de bombeamento de quatro horas por dia, teremos:

$$Q = 3,74 \text{ m}^3/4\text{h} \quad Q = 0,94 \text{ m}^3/\text{h}$$

Alterando as unidades:  $Q = 0,261 \text{ litros/segundo}$

Com uma vazão de 0,261 sendo menor do que 1 litro/segundo e 3,74 também menor do que 21,6m<sup>3</sup>/dia, o uso do poço é considerado insignificante e independe de outorga, de acordo com o descrito e estabelecido pela DE N° 2.432/2005 seção IV.

Para o licenciamento ambiental, a primeiro passo é protocolizar junto ao Naturatins o formulário de anuência prévia, disponível no site <http://naturatins.to.gov.br/outorga>. Após a anuência prévia, dever solicitar junto ao órgão a declaração de uso insignificante, pela qual é cobrada uma taxa no valor de R\$ 60,38, (sessenta reais e trinta e oito centavos), valor de janeiro de 2017.

#### 4.3.3 Vazão para dimensionamento da bomba

Para o dimensionamento do conjunto motor bomba, a vazão calculada representativa foi realizada utilizando o valor do índice de maior consumo mensal, obtido por meio da divisão do maior volume consumido durante um mês em cada obra, dividido pela área. Multiplicando esse valor pela média das áreas construídas, chega-se à vazão mensal necessária para atender a obra na situação mais crítica.

Essas considerações se fazem necessárias devido à possibilidade de haver uma variação significativa de demanda ou a necessidade de mudanças no período diário de bombeamento, porém a bomba dimensionada deve atender a demanda da obra durante todo seu período de execução.

Tabela 2 – Índices dos maiores consumos mensais

Obra	Maior consumo mensal (m <sup>3</sup> )	Área construída (m <sup>2</sup> )	Índice mensal do pico de consumo (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
A	45	796	0,06
B	36	411,84	0,09
C	89	1.075	0,08
D	450	8.583,53	0,05
E	61	680	0,09
F	245	12.832,20	0,02
G	46	2.939,21	0,02
H	266	8.046,20	0,03
Média	154,75	4.420,498	0,055

Fonte: elaborado pelo autor.

Considerou-se a pior situação, ou seja, o maior pico de consumo sendo 0,09 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> por mês; o mês com 26 dias trabalhados, com tempo de bombeamento de 4 horas por dia; em cada dia a obra funciona com 8 horas de trabalho; e a edificação fictícia com área média de 4.420,498 m<sup>2</sup>.

Consumo mensal= índice multiplicado pela área média

Consumo mensal= 0,09m<sup>3</sup> X 4.420,498 m<sup>2</sup>

Consumo mensal sendo uma vazão Q= 397,84 m<sup>3</sup>/mês

Vazão diária Q= 397,84 m<sup>3</sup>/26

Q=15,30 m<sup>3</sup>/dia

Vazão final: com o tempo de bombeamento de quatro horas por dia, teremos:

Q= 15,30 m<sup>3</sup>/4h Q=3,82 m<sup>3</sup>/h

Assim, a vazão para 1 hora → Q= 0,001m<sup>3</sup>/s = 1 litros/segundo

O cálculo do diâmetro será realizado utilizando a equação:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = D = \sqrt{\frac{4Q}{v\pi}} \quad (\text{Sendo: } Q= 0,004\text{m}^3/\text{s} \text{ e } V \text{ adotada } 2,5 \text{ m/s}) \quad (8)$$

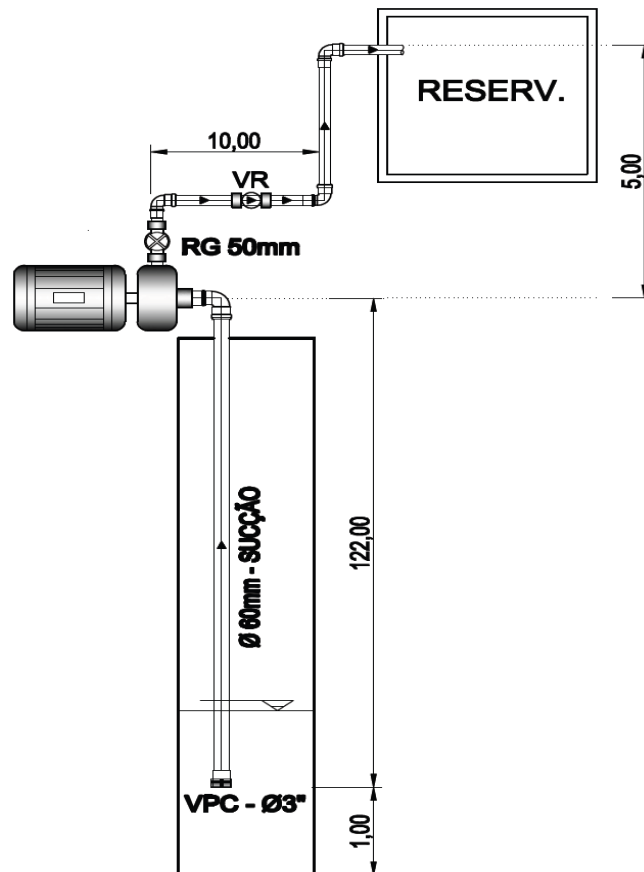
$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,004 \text{ m}^3/\text{s}}{2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \pi}} \quad D= 45 \text{ mm}$$

Dessa forma, obtém-se o diâmetro para tubulação de recalque adotado de 50 mm, e o diâmetro para tubulação de sucção adotado é de 60 mm.

#### 4.3.4 Perdas de carga

A Figura 4 representa o esquema das instalações necessárias para o bombeamento da água do poço.

Figura 4 – Sistema de bombeamento



Fonte: elaborado pelo autor.

Perdas de cargas por recalque:

$H_r = 5$  m (altura de recalque)

$L_r = 15$  m (comprimento da tubulação de recalque)

Obs.: o comprimento da tubulação de recalque foi estimada, pois não há uma obra específica para implantação desse poço.

Comprimentos equivalentes a perdas localizadas, de acordo com Netto (1998, p. 127), para diâmetro de 50 mm.

1 Tubo de pressão 122 m

2 Curvas de 90° 1,8 m

1 Tê saída lateral 3,5 m

1 Válvula de gaveta aberto 0,4 m

1 Cotovelo 90° raio curto 1,7 m

Fórmula de HANZEN-WILIAMS.

$$Hf = 10,65 \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87} C^{1,85}} L \quad (9)$$

Valor do coeficiente C sugerido para fórmula de Hazen – Williams, segundo Netto (1998, p. 150). O material escolhido foi ferro fundido, revestimento epóxico, C = 140.

L total= Lr + L equivalente

Lr= 15 m      L equivalente= 143,4 m      L Total= 158,4 m

$$Hf = 10,65 \frac{0,004m^{1,85}}{0,05m^{4,87} \times 140^{1,85}} \times 158,4 \quad (10)$$

$$Hf = 14,34 \text{ m. c. a}$$

Perdas de cargas no trecho de sucção:

Hs = 122 m (altura de sucção)

Ls= 122 m (comprimento da tubulação de sucção).

Comprimentos equivalentes de sucção, de acordo com Netto (1998, p. 127), para diâmetro de 60 mm.

1 válvula Pé e crivo 16 m

1 Cotovelo 90° raio curto 1,9 m

$$L_{\text{total}} = L_s + L_{\text{equivalente}} \quad (11)$$

$$L_s = 122 \text{ m} \quad L_{\text{equivalente}} = 17,9 \text{ m} \quad L_{\text{Total}} = 139,9 \text{ m}$$

$$H_f = 10,65 \frac{0,004 \text{ m}^{1,85}}{0,06 \text{ m}^{4,87} \times 140^{1,85}} \times 139,9 \quad (12)$$

$$\mathbf{H_f = 5,21 \text{ m.c.a}}$$

Altura manométrica:

$$H_m = H_s + H_r + H_f + (V^2/2g) \quad (13)$$

$$H_m = 122 + 5 + 5,21 + (2,5^2/(2 \times 10)) \quad (g = \text{aceleração da gravidade})$$

$$\mathbf{H_m = 132,52 \text{ m.c.a.}}$$

#### 4.3.5 Potência da bomba

De acordo com Netto (1998, p. 270), a equação para cálculo da potência do motor bomba é a seguinte:

$$P = \frac{\gamma Q H_m}{75 \eta} \quad P = \frac{1000 \times 0,004 \times 132,52}{75 \times 0,825} \quad P = 8,567 \text{ Hp} \quad (14)$$

A potência estimada para a bomba é de 7,5 cv. De acordo com a potência, o rendimento da bomba é  $\eta = 82,5\%$ , segundo Netto (1998, p. 272).

#### 4.3.6 Consumo mensal de energia

O valor da tarifa foi obtido pela concessionária de energia local Energisa, de acordo com a bandeira vermelha, sendo a pior situação do primeiro patamar, para o estado do Tocantins, referente ao mês de agosto de 2016, sendo o Kw/h valendo R\$ 0,491.

$$\text{Consumo mensal} = \left( HP \times 0,75 \times \text{custo (R\$)} \frac{\text{Kw}}{\text{h}} \right) \times Tfd \times Dm \quad (15)$$

$$\text{Consumo mensal} = (75 \times 0,75 \times 0,491) \times 4 \times 26$$

O custo relativo do consumo mensal da bomba é de R\$ 287,23 (duzentos e oitenta e sete reais e vinte e três centavos).

De posse desses valores, pode-se determinar o valor do consumo de energia por  $\text{m}^3$ , dividindo a tarifa mensal pela vazão mensal.

$$\text{Custo bombeamento por m}^3 = \text{R\$ } 287,23 / 397,84 \text{ m}^3$$

$$\text{Custo bombeamento por m}^3 = \text{R\$ } 0,72 / \text{m}^3$$

Para determinar a influência do consumo incidente no investimento com a operação do poço, será considerada a duração da obra de 18 meses, portanto, o custo será de R\$ 5.170,84 (cinco mil, quinhentos e quatorze reais e oitenta e quatro centavos).

## 4.3.7 Orçamento do poço

O orçamento foi realizado de acordo com uma pesquisa no mercado de Palmas/TO, em uma média de nove empresas diferentes e obteve-se um valor para o poço teórico de acordo com o Quadro 16.

Quadro 16 – Composições de custos unitários da construção do poço

<b>ORÇAMENTO PERFURAÇÃO DE 01 POÇO TUBULAR PROFUNDO</b>					
Local da obra: Palmas – TO					
Profundidade = 123 metros					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UM</b>	<b>QUANT</b>	<b>PREÇO UM</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>Serviços preliminares</b>				
1.1	Mobil./desmobil./transporte de equipamentos-INS.INFRAESTRUTURA	UND	1	800,00	800,00
1.2	Mobil./desmobil./transporte de equipamentos-(ida e volta 3 caminhões)	UND	1	1.000,00	1.000,00
	<b>TOTAL 1.0</b>	-	-	-	<b>1.800,00</b>
<b>2</b>	<b>Perfuração</b>				
2.1	DN 6 "em sedimentos (0 – 123 metros)	M	123	160	19.680,00
	<b>TOTAL 2.0</b>	-	-	-	<b>R\$ 19.680,00</b>
<b>3</b>	<b>Revestimento</b>				
3.1	Tampas de Aço para poço	UND	1	90,00	90,00
3.2	Tubo de aço DIN 2440 DN 6"	M	20,00	130,00	2.600,00
	<b>TOTAL 3.0</b>	-	-	-	<b>R\$ 2.690,00</b>
<b>4</b>	<b>Desenvolvimento e Teste de Vazão</b>				
4.1	Desenvolvimento (limpeza) c/ compressor até 900 PCM	HR	1	1.400,00	1400,00
	<b>TOTAL 4.0</b>	-	-	-	<b>1400,00</b>
<b>5</b>	<b>Proteção Sanitária</b>				
5.1	Laje em concreto simples (1,0 X 1,0 X 0,20m)	UND	1	250,00	<b>250,00</b>
	<b>TOTAL 5.0</b>	-	-	-	<b>250,00</b>
<b>6</b>	<b>Documentação</b>				
6.1	Análise físico/químico e bacteriológico da água	UND	1,00	600,00	600,00
6.2	Relatório técnico final	UND	1,00	1.200,00	1200,00
	<b>TOTAL 6.0</b>	-	-	-	<b>R\$ 1.800,00</b>
<b>7</b>	<b>Recalque (bomba)</b>				
7.1	Conjunto motorbomba 7,5 CV	UND	1,00	2.000,00	2.000,00
	<b>TOTAL 7.0</b>				<b>2.000,00</b>
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>R\$ 29.620,00</b>

Fonte: elaborado pelo autor.

O total de recursos necessários para a construção e instalação do poço teórico foi de R\$ 29.620,00 (vinte e nove mil seiscientos e vinte reais). Logo após, foram somados os custos referentes ao consumo de energia elétrica e o licenciamento ambiental.

Tendo como referência para o cálculo do consumo a área média, obteve-se no item 4.3.6 um custo de R\$ 5.170,14 (cinco mil cento e setenta reais e quatorze centavos), com o fornecimento de energia elétrica para o bombeamento durante a obra com duração média de 18 meses.

Ainda considerando a área média, o poço terá uma solicitação de vazão inferior a 21,9m<sup>3</sup>/dia, portanto, independe de outorga, sendo necessária apenas a obtenção da declaração de uso insignificante junto ao Naturatins, cuja taxa é de R\$ 60,38 (sessenta reais e trinta e oito centavos).

O custo final do poço foi obtido por meio da soma dos valores referentes à construção e instalação, ao consumo de energia e licenciamento ambiental, totalizando R\$ 34.850,52 (trinta e quatro mil oitocentos e cinquenta reais e cinquenta e dois centavos).

A Tabela 3 apresenta o custo total do poço para cada obra estudada, caso em seu planejamento inicial houvesse sido adotado o sistema de captação e uso de água em poços artesianos como alternativa ao consumo pela concessionária. O custo final do custo do poço foi resultado da somatória dos valores referentes à construção, instalação e operação do poço.

Tabela 3 – Custo do poço por obra

Obra	Duração da obra (mês)	Consumo mensal de energia (R\$)	Valor da construção do poço R\$	Valor da construção e operação do poço (R\$)
A	14	287,23	29.680,38	33.701,60
B	13	287,23	29.680,38	33.414,37
C	12	287,23	29.680,38	33.127,14
D	24	287,23	29.680,38	36.573,90
E	15	287,23	29.680,38	33.988,83
F	23	287,23	29.680,38	36.286,67
G	17	287,23	29.680,38	34.563,29
H	20	287,23	29.680,38	35.424,98

Fonte: elaborado pelo autor.



O valor utilizado para o cálculo do consumo mensal foi referente ao maior pico de consumo dentre todas as obras e a área média das construções estudadas, portanto, esse valor pode variar de acordo com a demanda.

#### 4.3.8 Comparativo de custos entre as duas formas de abastecimento

A média do consumo de água utilizada na construção dos edifícios estudados foi de 6.800 litros ou 6,8 m<sup>3</sup> por dia, sendo o valor da tarifa por metro cúbico de R\$ 15,50 (quinze reais e cinquenta centavos). Os valores tarifários foram obtidos no site da Odebrecht ambiental/Saneatins, no mês dezembro de 2016, referentes à unidade de Tocantins.

Para determinar a área mínima que apresenta viabilidade econômica na utilização do poço, pode-se dividir o valor do poço (calculado para a área média das edificações) pela tarifa paga pelo abastecimento por metro quadrado de área construída:

$$\text{Valor do poço} = \text{R\$ } 34.850,52$$

$$\text{Valor consumo m}^2 = \text{R\$ } 15,50$$

$$\text{Área das obras} = 34.850,52 / 15,50 = 2.248,42 \text{ m}^2$$

Portanto, para obras edifícios verticais com área menor do que 2.248,42 m<sup>2</sup> é mais viável, do ponto de vista financeiro, utilizar a rede pública como fonte de abastecimento de água.

Porém, para edifícios com área construída maior do que 2.248,42 m<sup>2</sup> a utilização de poços tubulares profundos apresenta uma redução significativa nos custos com o abastecimento, e essa economia aumenta proporcionalmente com o aumento da área construída.

## CONCLUSÃO

Nesta pesquisa, obteve-se o levantamento e a análise de oito obras de edifícios verticais comerciais e residenciais, com características construtivas semelhantes. O resultado foi a determinação de um índice médio de consumo de 0,4886 metros cúbicos de água para cada metro quadrado de construção.

Paralelamente, estudou-se o mercado de Palmas/TO quanto à execução de poços com profundidade superior a 70 metros. Assim, obtiveram-se os dados de oito poços, gerando uma vazão média de 11.200 litros por hora, com uma profundidade média de 123 metros, nível estático médio de 16 metros e nível dinâmico médio de 52 metros. Esses dados serviram de base para o cálculo de um poço teórico padrão.

Salienta-se, também, que o poço teórico padrão obtido é considerado de uso insignificante por ter seu consumo menor do que 1 litro por segundo e menor do que 21,6 metros cúbicos por dia, não dependendo de outorga.

Dessa forma, calculou-se o índice mensal de consumo para o mês de pico das obras, resultando em 0,055 metros cúbicos por metro quadrado de obra construída. Esse valor também foi utilizado para o cálculo do poço padrão e para seu orçamento.

Com a somatória do custo de construção do poço teórico, seu consumo de energia elétrica e taxas de licenciamento ambiental, obteve-se o valor de R\$ 34.850,52.

Esse valor apresenta-se como um parâmetro divisor da viabilidade ou não da implantação de poços em obras verticais em Palmas, ou seja, se o gasto com o poço for maior do que o valor a ser consumido com a água fornecida pela rede de abastecimento público, torna-se inviável sua implantação.

Para facilitar essa análise, cruzaram-se os dados coletados e calculados gerando uma delimitação em metros quadrados de área construída, estabelecendo uma linha entre ser ou não viável economicamente a execução de poços.

Esses valores delimitadores foram de 2.248,42 metros quadrados para obra verticais, ou seja, concluiu-se que, no caso de obras com áreas construídas maiores do que a apresentada, torna-se financeiramente viável a execução de poços artesianos profundos como alternativa à rede pública de abastecimento de água.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.244**. Construção de poço para a captação de água subterrânea. Rio Janeiro, 1992.
- \_\_\_\_\_. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15900**. Água para amassamento de concreto, Rio de Janeiro, 2009.
- \_\_\_\_\_. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626**. Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.
- ALENCAR, L. H. **Avaliação e gestão de projeto na construção civil com apoio do método multicritériopromethee**. Recife, 2003, 124p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- BERNSTEIN, P. L. **Desafio aos Deuses**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Dispõe sobre a Política Nacional de recursos hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso: 14 ago. 2016.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Águas subterrâneas um recurso a ser conhecido e protegido**. Publicação Agência CRIO. Brasília-DF, 2007.
- BROM, L. G.; BALIAN, J. E. A. **Análise de investimentos e capital de giro: conceitos e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2007.
- CAMPOS, M. H.; ANDRADE, G. R. Jr. **Instalações Hidráulicas Prediais**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.
- CARDOSO, R. S. **Orçamento de obras em foco: um novo olhar sobre a engenharia de custos**. São Paulo: Pini, 2009.
- CASTRO, H. R. **A Região Metropolitana na Federação Brasileira: estudo de caso de Londrina – PR. Paraná**. 2006. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Política). Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- DÓREA, A. M. **Como preparar orçamento de obra**. São Paulo: PINI, 2006.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Brasília-DF, 2001.
- FIESP. Federação das indústrias do estado de São Paulo. **Cartilha de orientação para a utilização de água subterrânea no estado de São Paulo**. São Paulo-SP, 2005. Disponível em: <[www.perfuradores.com.br](http://www.perfuradores.com.br)>. Acesso em: 23 set. 2012.
- FORTI, A. B.; LARANJEIRA, I. S. B. **A Norma Brasileira de água de amassamento do concreto – uma contribuição para a sustentabilidade**. Concreto e construções. São Paulo, ano 58, p. 37-45, jun. 2010.

FREITAS, M. A. V.; SANTOS, A. H. M. **Importância da Água e da Informação Hidrológica**. In: O Estado das Águas no Brasil. Brasília: ANEEL; ANA, 1999.

FUNASA. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília, 2007.

GIAMPÁ, Carlos Eduardo Q.; GONÇALVES, Valter Galdiano. **DH Perfurações**. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2015.

GONÇALVES, C. M. M. **Método para gestão do custo da construção no processo de projeto e deificação**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GRAY, G. R. **Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids**. 5th Ed. Gulf. Houston, 1994.

GUEDES, L.F.A.M. **Da informação à tomada de decisão**: agregando valor através dos métodos multicritério. Recitec, Recife, v. 2, n. 2, p. 117-139, 2004.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. **Norma técnica para elaboração de orçamento de obras de construção civil**. [s.i.] 2011. Disponível em:  
<<http://sinaenco.com.br/downloads/norma.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2012.

KASTURI, S.; GRANSBER, G. D. Time management – design-build builder’s perspective. *Cost Engineering*. v. 44, n. 9, 2002.

MACHADO, S. D. A. Engenharia Didática. **Educação Matemática**: Uma introdução. 2. ed. São Paulo: Educ, 2002.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamento de obras**. São Paulo: PINI, 2006.

NATURATINS. Instituto Natureza do Tocantins. Disponível em:  
<<http://naturatins.to.gov.br/outorga>>. Acesso: 14 ago. 2016.

NETTO, Azevedo. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

PEIXOTO, J.P.; OORT, A.H. **Lê cycle de l’eau et le. La Recherche**. Spécial: L’eau, v.21, p. 570-79, 1990.

PESSARELLO, R.G. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios**. São Paulo, 2008, 114p. Dissertação (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios). Curso de Pós graduação em Engenharia Civil da Escola politécnica da universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

POPP, José Henrique. **Geologia geral**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

QUEIROZ, Rui C. **Geologia e Geotécnica básica para a engenharia civil**. São Paulo: Rima, 2009.

RAMA, R.L. **Avaliação da influência da adição de resíduos do porcelanato nas propriedades físicas do concreto do grupo II (C55 A C90) inseridos na atualização da NBR 6118/2014**. Palmas, Tocantins, 2016, 85p. Dissertação (Para conclusão de curso). Curso de graduação em Engenharia Civil do Ceulp Ulbra do Tocantins, Palmas, 2016.

SANEATINS. Agência de Saneamento do Tocantins. Disponível em: <<http://naturatins.to.gov.br/outorga>>. Acesso em: 5 abr. 2016.

SILVA, V. S. **Programas permanentes de uso racional da água em campi Universidade: O Programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo**. 2013. Dissertação (Mestrado). Escola politécnica de São Paulo, São Paulo, 2013.

SOUZA, Ubiraci E. Lemes. **Projeto e Implantação do Canteiro**. 1. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamento**. 190. ed. São Paulo:, Pini, 2017.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projetos e execução** 2. ed. São Paulo: Pini, 2011.

TOCANITNS. Ministério Público do Tocantins. **Lei estadual n. 1.307 de 22 de março de 2002**. Dispõe sobre a Política estadual de recursos hídricos, e adota outras providências. Disponível em: <<http://naturatins.to.gov.br/conteudo.php?id=603>>. Acesso: 14 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. **Decreto Estadual nº 2.432, de 6 de junho de 2005**. Regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos de que dispõe os artigos 8º, 9º da Lei estadual 1.307/2002-TO. Disponível em: <[central2.to.gov.br/arquivo/12/3228](http://central2.to.gov.br/arquivo/12/3228)>. Acesso: 4 jul. 2012

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água – Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os serviços Públicos**. São Paulo: Navegar, 2001.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos. **Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da Unicamp**. São Paulo, 2003. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/458/3/DiegoPaludo.pdf> >. Acesso em: 16 ago. 2016.

YAZIGI, Walid; **A Técnica de Edificar**. 6. ed. São Paulo: Pini, 2004.