

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**LUCAS VELOSO BARROS E SANTOS**

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE POÇOS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-  
PB**

**Campina Grande – PB**

**2017**

**LUCAS VELOSO BARROS E SANTOS**

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE POÇOS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-  
PB**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido à Universidade Federal de  
Campina Grande como parte dos  
requisitos necessários para a obtenção do  
Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadoras:

**Dra. Dayse Luna Barbosa**

**Me. Bárbara Barbosa Tsuyuguchi**

**Campina Grande – PB**

**2017**

FOLHA DE APROVAÇÃO

**AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE POÇOS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-  
PB**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

---

Lucas Veloso Barros e Santos  
Orientando

---

Prof.<sup>a</sup> Dayse Luna Barbosa  
Orientadora

---

Me. Bárbara Barbosa Tsuyuguchi  
Co-orientadora

Campina Grande, 2017

## **AGRADECIMENTOS**

Não há forma de expressar quanto eu sou grato aos meus pais Ieda Veloso e José Barros, por tudo que eles fizeram por mim. Essa realização não foi só minha, foi dos meus pais, irmãos e minhas avós.

Agradeço pelo imenso apoio das minhas orientadoras Dra. Dayse Luna e Me. Bárbara Tsuyuguchi, pela disponibilidade, paciência e orientação. Em especial aos ensinamentos de Bárbara sobre o programa ArcMap, sem os quais, não seria possível esse projeto. Também a Fernando Lima, elaborador do projeto no qual esse se baseia e amplia os conhecimentos.

Aos professores do departamento de Engenharia Civil da UFCG, por todo conhecimento técnico transferido e pela ajuda em diversas situações.

## RESUMO

A crise hídrica em Campina Grande ocasionou um crescimento no número de perfurações de poços, não gratuitamente, haja vista o longo período de racionamento enfrentado pela população. Tais poços captam água de aquíferos fissurais, pois a geologia da região é predominantemente de rocha cristalina. e com a crise hídrica, destacou-se a importância desta fonte. Diante disto, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a quantidade de poços na área urbana de Campina Grande, sua distribuição espacial e os parâmetros de profundidade e vazão. Para isso, se levantou características físicas e socioeconômicas da região, e os dados de poços foram coletados junto aos órgãos do governo e empresas. As informações obtidas foram, então, especializadas e sobrepostas em plataforma SIG (Sistema de Informações Geográficas), e estatisticamente analisadas, verificando correlações e frequências. A partir de uma amostra de 72 poços, nota-se a ocorrência de vazões maiores em uma faixa próxima a falhas geológicas/ zonas de cisalhamento apontadas em mapeamento da CPRM, a ser melhor investigada. Os resultados mostraram que os poços têm vazão média de 1,43m<sup>3</sup>/h e são de relevante ajuda em tempos de crise, mas que a produção na região é relativamente baixa, comparada a outras médias, como a de São Paulo e outros estados nordestinos.

**Palavras-chave:** Aquífero fissural, Fonte alternativa; Escassez hídrica.

## **ABSTRACT**

The hydric crisis in Campina Grande-PB has grown the number of drills of wells, not gratuity, because of the longtime of water rationing. The wells get water from crystalline fissure, because the geology of the region is almost all of crystalline rock and with the crisis that source of water has increased. Beyond that, the objective of this job was to evaluate the quantity of wells in the urban area of Campina Grande, and distribution of wells in the space and the parameters of flow and deep. To do that, we got all the physical and socioeconomics characteristics of the region, and the data of wells were collected within the government and companies. The information was obtained, specialized and putted in the SIG software, and statistically analyzed, checking the correlation and frequencies. With 72 wells, we discovered that bigger flows appeared near the geologic fissures/shear zones appointed in the map of CPRM, still need more investigation. The results shown that the wells have 1,43m<sup>3</sup>/h of average flow and are relatively helpful in times of crisis, but the production in the region are relatively low, compared with other averages, like São Paulo and other northwesterners states.

Key words: Crystalline soil, Alternative source, Water scarcity,

## LISTA FIGURAS

FIGURA 1-QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NOS ESTADOS DO CE, RN, PB E PE. ....	20
FIGURA 2-LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	21
FIGURA 3 -LOCALIZAÇÃO DOS BAIROS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE. ....	22
FIGURA 4- FALHAS E ZONAS DE CISLHAMENTOS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE.....	25
FIGURA 5 GEOLOGIA DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE .....	25
FIGURA 6- GRÁFICO DE NÚMEROS DE POÇOS POR BAIRRO .....	33
FIGURA 7- GRÁFICO DE NÚMERO DE POÇOS X RENDA MENSAL .....	34
FIGURA 8- GRÁFICO DE VAZÃO X PROFUNDIDADE DOS POÇOS DE CAMPINA GRANDE...	35
FIGURA 9- PRODUTIVIDADE DOS POÇOS .....	36
FIGURA 10- FREQUÊNCIA ACUMULADA DE VAZÃO FONTE: AUTORAL.....	36
FIGURA 11 FREQUÊNCIA RELATIVA DE PROFUNDIDADE.....	37
FIGURA 12- ESPACIALIZAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS POÇOS.....	39
FIGURA 13- ESPACIALIZAÇÃO DAS VAZÕES DOS POÇOS.....	40
FIGURA 14 INTERPOLAÇÃO DE PROFUNDIDADE E VAZÃO DO BAIRRO DO CENTRO .....	42
FIGURA 15 INTERPOLAÇÃO DE PROFUNDIDADE E VAZÃO DO BAIRRO CATOLÉ .....	43
FIGURA 16 INTERPOLAÇÃO DE PROFUNDIDADE E VAZÃO DO BAIRRO ESTAÇÃO VELHA .	43

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – OUTORGAS PARA USO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	16
TABELA 2 – PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DOS POÇOS DO AQUÍFERO DO RIO GRANDE DO NORTE. ....	17
TABELA 3 – PARÂMETROS DE MENTE & MONT’ALVERNE.....	18
TABELA 4 – MÉDIAS E FORMAÇÃO GEOLÓGICAS DE ALGUNS ESTADOS BRASILEIROS. ....	19
TABELA 5 – POÇOS DISPONIBILIZADOS PELA AESA E SIAGAS.....	26
TABELA 6 – PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DOS POÇOS DE CAMPINA GRANDAE .....	30
TABELA 7 - CARACTERIZAÇÃO DOS BAIRROS E RESPECTIVAS CARACTERÍSTICAS MÉDIAS DOS POÇOS. ....	31



## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>III</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 ESCASSEZ HÍDRICA .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.1 ESCASSEZ HÍDRICA NO NORDESTE .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 FONTES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 ÁGUA SUBTERRÂNEA .....</b>	<b>13</b>
<b>3.4 TIPOS DE AQUÍFEROS .....</b>	<b>13</b>
<b>3.5 PERFURAÇÃO DE POÇOS .....</b>	<b>14</b>
<b>3.6 OUTORGA PARA O USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....</b>	<b>15</b>
<b>3.7 ESTUDOS CORRELATOS .....</b>	<b>16</b>
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2 ESCASSEZ HÍDRICA NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3 AQUÍFERO EM CAMPINA GRANDE .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4 OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>4.5 ESPACIALIZAÇÃO DE POÇOS E PARÂMETROS .....</b>	<b>29</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>30</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>47</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A falta de água castiga durante séculos o nordeste brasileiro colocando em situação precária milhões de pessoas dessa região. Todos os anos, milhões de pessoas veem seus parentes migrarem para o sul e sudeste em busca de melhores condições e oportunidades de vida e quando não o fazem são obrigados a conviver com a falta de água ou pagam caro pelas fontes alternativas de recursos hídricos.

Campina Grande é um dos grandes polos do semiárido nordestino, demandando de um grande volume de água, devido à importância econômica e o tamanho da cidade. Nos últimos dois anos, teve-se racionamento de água na cidade, pois devido à seca, a principal fonte de abastecimento da cidade, o reservatório Epitácio Pessoa, estava em seu volume crítico ocasionando um grande incomodo à população.

Devido a essa situação, a população começou a procurar mais por fontes alternativas de abastecimento e métodos nos quais confiaram o provimento de água durante essa crise. Uma das alternativas mais procuradas foi a perfuração de poços, como forma de amenizar os efeitos do racionamento, pois seria impraticável o abastecimento exclusivamente por caminhão pipa.

Contudo, a cidade, assim como todo o estado, está localizada em região primordialmente de rocha cristalina, que tem porosidade praticamente nula, e por isso, a água é armazenada apenas em fraturas na rocha que possibilitam infiltração e acúmulo das águas de chuva.

A cidade de Campina Grande tem clima do tipo tropical chuvoso, com verão seco e precipitação média anual de 800 mm, segundo a AESA. Nos últimos anos, o açude o qual abastecia a cidade, entrou em colapso devido à má administração, onde podia-se ter sido alertado sobre a decadência do volume e ter-se sustentado um racionamento antes da situação crítica.

Segundo Feitosa (1997), aquíferos são formações geológicas subterrâneas capazes de armazenar água. Eles podem ser classificados pelo tipo de solo e pelo tipo de armazenamento de água. Na cidade de campina grande, o solo é classificado

como rochoso em toda a área, o que nos traz a definição de um aquífero cristalino como foco desse estudo.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Analisar espacial e estatisticamente os poços cadastrados dentro da área urbana da cidade de Campina Grande, com o intuito de melhor compreender possíveis relações entre os dados físicos, socioeconômicos e hidráulicos.

### **2.1 Objetivos Específicos**

-Caracterizar da área urbana de Campina Grande segundo alguns aspectos socioeconômicos

- Analisar a distribuição espacial dos poços na cidade de Campina Grande
- Analisar estatisticamente parâmetros hidráulicos dos poços, observando correlações e comparando aos valores levantados na literatura.
- Correlacionar renda mensal média e número de poços.
- Interpolar parâmetros hidráulicos dos poços.

### **3 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 ESCASSEZ HÍDRICA**

O planeta Terra tem sua superfície coberta em cerca de 80% por água, mas mesmo com esse grande potencial hídrico, somente 3% dessa água é doce. Considerando ainda que 69% da água doce do planeta estão em geleiras e que apenas 0,3% estão em rios e lagos, das quais uma parte não é considerada potável, temos que apenas uma pequena parcela da água do planeta é própria para consumo humano.

A água está distribuída de forma muito desigual pelo território terrestre, tanto em escala global quanto nacional, sendo esta uma das principais razões da ocorrência da crise hídrica. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, a Ásia é o maior exemplo disso em escala global, onde o continente tem cerca de 60% da população mundial, enquanto possui apenas 36% da água doce disponível. Já o Brasil, possui cerca de 10% da água doce do mundo, mas somente com cerca de 3% da população mundial.

Embora o país tenha condições numéricas favoráveis, a realidade para algumas regiões do Brasil é outra, pois como já mencionado, a má distribuição hídrica também se dá em escala nacional. A região norte, por exemplo, possui 70% da reserva brasileira de água, embora somente 10% da população residam na localidade, enquanto regiões no nordeste do país sofrem secas sem precedentes nos últimos cem anos.

##### **3.1.1 ESCASSEZ HÍDRICA NO NORDESTE**

O Nordeste possui uma extensa área, cerca de 18% do território nacional. Apesar de toda essa dimensão territorial, a região só possui dois rios perenes de grande vazão, são eles o rio São Francisco e o rio Parnaíba, onde concentram cerca de 75% das águas nordestinas. O resto do percentual de águas vêm de rios intermitentes das bacias hidrográficas da região.

---

Embora ainda pertinente, a seca nessa região vem desde possivelmente, antes da colonização. Segundo o Centro de Gestão e estudos estratégicos, (2009), desde a época do séc. XVI existem registros de índios migrando para o litoral em busca de meio de sobrevivência. Situação essa que se intensificou após a ocupação do sertão para pecuária e agricultura. Tanto é que segundo o historiador, Oliveira (2015), desde a Brasil colônia existe o projeto da transposição do rio São Francisco, mas que só está sendo finalizado séculos depois.

Segundo AB'SÁBER, (1999), entre as causas para a seca estão a ausência de massas de ar frio, relevo e, por vezes, são intensificadas por fenômenos mundiais, como o El niño. Tal evento faz com que as águas do oceano fiquem mais quentes, provocando mudança nos padrões de massas de ar, fazendo com que se diminua as chuvas no Nordeste.

### **3.2 FONTES ALTERNATIVAS DE ABASTECIMENTO**

As fontes alternativas de abastecimento surgiram a partir da necessidade humana para sanar os déficits de água em regiões que não possuíssem recursos hídricos de fácil acesso. Embora, o emprego único de tais fontes para abastecer uma cidade de porte médio seja economicamente e fisicamente inviável, elas têm o efeito paliativo de amenizar os efeitos da seca nestes períodos. Os principais exemplos de fontes alternativas são:

-CARRO PIPA: São veículos para armazenamento e transporte de água, geralmente esses caminhões possuem capacidade entre 5 e 17 mil litros dependendo do fabricante.

-CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA: Normalmente acoplada ao sistema de água pluvial, serve para captação de água de chuva através de calhas que direcionam as águas incidentes no telhado para a cisterna.

-CHAFARIZES: É uma espécie de fonte de água muito utilizado em pequenas cidades, geralmente localizado em praças, serve como fonte de água para determinada população

---

- POÇOS: É uma obra de captação de água do subterrâneo feita através da perfuração do solo até uma camada com abaixo do nível do lençol freático.

### **3.3 ÁGUA SUBTERRÂNEA**

De acordo com a ABAS (2011) água subterrânea é toda água que ocorre abaixo da superfície terrestre. Segundo (REBOUÇAS,1988), no Brasil, as reservas de água subterrâneas são estimadas em 112 trilhões de m<sup>3</sup>, mas apesar de tamanho volume, nem todas formações geológicas possibilitam extração desses recursos.

Segundo (WREGGE, 1997), as águas subterrâneas são filtradas e purificadas naturalmente através da percolação, processo através do qual a água alcança uma melhor qualidade. Atualmente, é vasto o número de países os quais dependem quase que exclusivamente deste tipo de extração. Alguns países europeus chegam a suprir suas demandas por abastecimento público em 70 a 90% com águas subterrâneas. Para entender as dimensões dos fatos, segundo a UNESCO cerca de 50% da população mundial poderia estar sendo abastecida por águas subterrâneas.

Segundo Leal (1999) o consumo da água subterrânea está relacionado à:

-Quantidade: A quantidade de água, assim como a recuperação dos aquíferos vai depender de seu perfil geológico e dos índices de chuva da região.

-Qualidade: É influenciada pelo filtro natural do terreno.

-Economia: Depende da profundidade do aquífero e do tipo de bombeamento.

### **3.4 TIPOS DE AQUÍFEROS**

De acordo com a Associação Brasileira de Águas subterrâneas, os tipos de aquíferos vão depender do tipo de armazenamento e de sua geologia, fator esse que influenciará tanto a qualidade da água, como seu fluxo. Os aquíferos podem ser classificados de acordo com a porosidade da rocha. De acordo com

---

Feitosa et. al. (2008), este parâmetro é determinado pela razão entre o volume de vazios e o volume total da rocha, havendo dois tipos de porosidade: a) primária, que se refere aos vazios inerentes à matriz da rocha ou solo; b) secundária, resultante de fenômenos posteriores sobre a rocha, como a ocorrência de fraturas. Desse modo, esses espaços livres das rochas podem ser classificados como poroso, fissural e cárstico.

-Aquífero poroso ou sedimentar: Como própria definição já explícita, são os aquíferos formados por rocha sedimentares e solo arenoso. Possuem grande capacidade de armazenamento de volume de água, pois possibilita a locomoção da água em todas as direções.

-Aquífero fraturado ou fissural: São formados por rochas ígneas, metamórficas e cristalinas. A locomoção da água se dá através das fraturas e falhas das rochas, resultando em baixo nível de acumulação hídrica. Poços perfurados nesses aquíferos só resultarão em vazão quando atingirem as fissuras.

-Aquífero cárstico: São rochas calcárias ou carbonáticas, onde o contato com a água produz a dissolução do material, ocasionando em aberturas imensas, chegando até produzir cavernas e rios subterrâneos.

Nota-se que os aquíferos se diferenciam de acordo com a geologia da região. Normalmente aquíferos em rocha são definidos como fraturados e, aqueles formados em solos arenosos são definidos como sedimentares. Comumente, os aquíferos cristalinos vão dispor vazão bem menor que os sedimentares.

### **3.5 PERFURAÇÃO DE POÇOS**

De acordo com a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas e Feitosa (1997), os poços para captação de água são classificados do seguinte modo:

Tipo de vazão do poço:



-Poço artesiano: É denominado de poço artesiano quando existe um aquífero confinado entre as camadas da perfuração que faz com que a água captada seja jorrada para fora, sem a necessidade de bombas.

-Poço convencional: Para se fazer a retirada da água é necessário que haja bombas elevatórias.

-Poço freático: Construídos manualmente.

- Poço perfurado em rochas cristalinas: São aqueles onde só existe a possibilidade de água devido às fraturas no corpo rochoso.

- Poço perfurado em rochas sedimentares : Em aquífero poroso, a água é transmitida por espaços vazios, quando não, é armazenada. Necessitam de revestimento, pois tem alta probabilidade de desmoronamento.

Davis e Turk (1964) e Banks (1992) apud Neves & Morales (2006) se dedicaram à definição da melhor relação possível entre profundidade e vazão para se obter máximo aproveitamento da vazão do poço. Eles concluíram que há uma tendência, de inversa proporcionalidade entre as características, devido ao fechamento das fraturas com os efeitos da pressão litostática.

### **3.6 OUTORGA PARA O USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Segundo (GUIMARÃES,2008), a outorga do direito de uso da água é o meio pelo qual um indivíduo, empresa ou órgão público poderá vir a utilizar tais recursos legalmente. É um dos principais instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e tem como controlar-se o consumo de água. Sendo capaz de garantir a sustentabilidade das águas do subterrâneo, e mantendo-se a qualidade, pois para a liberação de uma outorga é necessário um estudo prévio sobre a real situação do aquífero. A Lei nº 9.433/97, entre outros aspectos, trata da necessidade de outorga de águas subterrâneas:

Art. 12. Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

I - Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para

consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - Extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; (Brasil, 1997).

Segundo dados da ANA (2007) existem hoje 20.548 outorgas de direito de usos dos recursos hídricos em águas subterrâneas de domínio dos Estados e da União, totalizando 89 m<sup>3</sup>/s. No município de Campina Grande existem atualmente 72 outorgas para o uso da água de poços (AESA, 2017).

A AESA disponibiliza os dados outorgados, outorgas vencidas, processos em andamento e cadastrados para a cidade de Campina Grande. As informações referem-se à identificação do usuário, bacia hidrográfica, tipo de uso, vazão e volume. O banco de dados da AESA fornece um total de 72 poços na cidade de Campina Grande (Tabela 1).

Tabela 1 – Outorgas para uso de águas subterrâneas

<b>Situação</b>	<b>Quantidade</b>
Outorgados	16
Outorgas vencidas	12
Processos de outorgas em andamento	4
Cadastrados	39
<b>Total</b>	<b>72</b>

Fonte: AESA (2017)

### 3.7 ESTUDOS CORRELATOS

COSTA et. al. (2005), na avaliação dos poços em aquífero cristalino no Rio Grande do Norte, caracterizou o comportamento espacial dos parâmetros hidráulicos. Foram avaliados a potencialidade e disponibilidade de água nos poços do estado, como sendo de baixo aproveitamento hídrico. A avaliação estatística dos poços mostrou que a média de profundidade dos poços foi cerca de 50m, sendo o coeficiente de variação 20%.

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos dos poços do aquífero do rio grande do Norte.

Parâmetros	Profundidade (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
Média	48,8	2,8
Moda	50	1
Desvio Padrão	9,9	3,4
Coef. De Variação	20%	121%
Mínimo	2,1	0,3
Máximo	100	36

Fonte: SERHID (2005) apud COSTA et. al (2005)

Chamar a figura antes de apresentar.

Na Tabela 2, os autores trazem as principais características estatísticas dos poços obtidos. Dados que serviram como base para avaliação de parâmetros de potencialidade e outras informações. Foi avaliado a correlação entre vazão e profundidade dos poços e resultou em fraca correlação de dados, dando a entender que em aquíferos cristalinos a profundidade não está relacionada com maior vazão. Também foi avaliada a potencialidade do aquífero por parâmetros estabelecidos por Mente & Mont'Alverne (1982), conforme Tabela 3. Avaliando cerca de 65% dos poços como muito fracos, e 35% de fraco a médio, resultado este dentro do esperado para aquíferos cristalinos. Em suas considerações finais, os autores citaram que uma das prováveis causas para as maiores vazões se referem a faturamento mais intenso e manto de intemperismo.

Tabela 3 – Parâmetros de mente &amp; mont'alverne

Potencialidade do aquífero	Faixa de capacidade específica para o rebaixamento de 25m [ (m <sup>3</sup> /h) /m]	Faixa de vazão do poço (m <sup>3</sup> /h)
Muito elevada	Y>4	Q>100
Média a elevada	Y<4	25<Q<100
Fraca a média	0,1. Y <4	2,5<Q<25
Muito fraca	Y<0,1	Q<2,5

Fonte: MENTE & MONT'ALVERNE (1982) apud Costa et. al. (2005)

Já SOUZA & GIAMPÁ (1984) avaliaram, de acordo com características hidrodinâmicas, 91 poços no Estado de São Paulo. Os resultados obtidos abrangem informações técnicas envolvendo capacidade específica, profundidade, vazões, níveis estáticos e dinâmicos, poluição, anomalias físico-químicas.

Os autores falam sobre a importância do teste de bombeamento feito criteriosamente, e de que o procedimento consiste em realizar um teste com no mínimo 24 horas com vazões de 20 a 80% da vazão máxima. A média de profundidade foi de 152m, onde os níveis estáticos variam entre 4,73 e 22,23 m caracterizando de fato um aquífero livre. Evidenciou-se a importância do conhecimento das falhas e fraturas, para saber a real capacidade hídrica do aquífero.

Na época, não era um problema a entrada direta de agentes contaminantes através de fraturas, pois as principais zonas de rocha fraturadas eram associadas a depressões topográficas capeadas por materiais não consolidados. Logo não proporcionavam espaços para desenvolvimento de potenciais fontes de contaminação, tais como indústrias e fábricas. Houve um caso, no qual se detectou um foco de febre tifoide, representado por um poço na região favelada, onde tal obra foi lacrada na época.

As zonas de proteção ao redor dos poços para controlar contaminantes são de difícil dimensionamento, pois todas as regiões de fraturas que estejam coligadas poderiam contaminar os poços.

No estado de São Paulo a vazão média foi de 16,35m<sup>3</sup>/h, onde 49% das vazões ficaram em torno de 10m<sup>3</sup>/h. Tais vazões mostram-se relativamente altas quando comparado a outras regiões de rochas cristalinas, conforme análise da tabela 4.

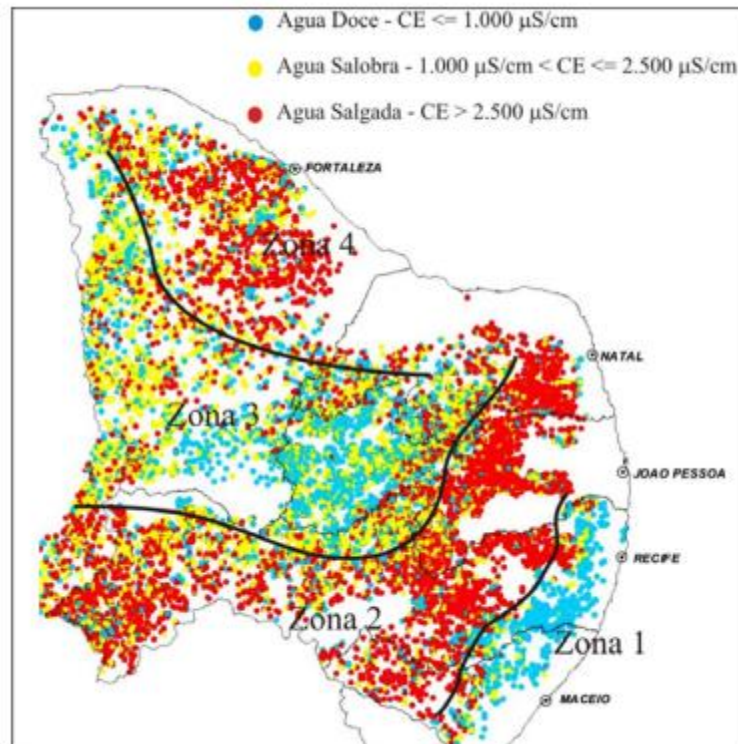
Tabela 4 – Médias e formação geológicas de alguns estados brasileiros.

Estado	Formação Geológica	Vazão Média Q (m <sup>3</sup> /h)	Profundidade Média (m)
MG	50% cristalino	3	58
BA	60% cristalino	5,4	60
SE	90% cristalino	2,59	53
PE	85% cristalino	2,5	55
PB	86,9% cristalino	1,12	48
RN	60% cristalino	4,28	50
SP	21,48% cristalino	16,35	152,15

Fonte: SOUZA & GIAMPÁ (2005)

Segundo FEITOSA & DINIZ (2011), a região nordeste tem 50% do solo sendo cristalino. Foram analisados 18.600 poços, onde foi-se analisado que o maior fator restritivo do uso dessas águas foi a presença de sólidos totais dissolvidos acima do limite de potabilidade. Além de mostraram zonas de qualidade das águas, mostradas na figura a seguir:

Figura 1-Qualidade da água subterrânea nos estados do CE, RN, PB e PE.



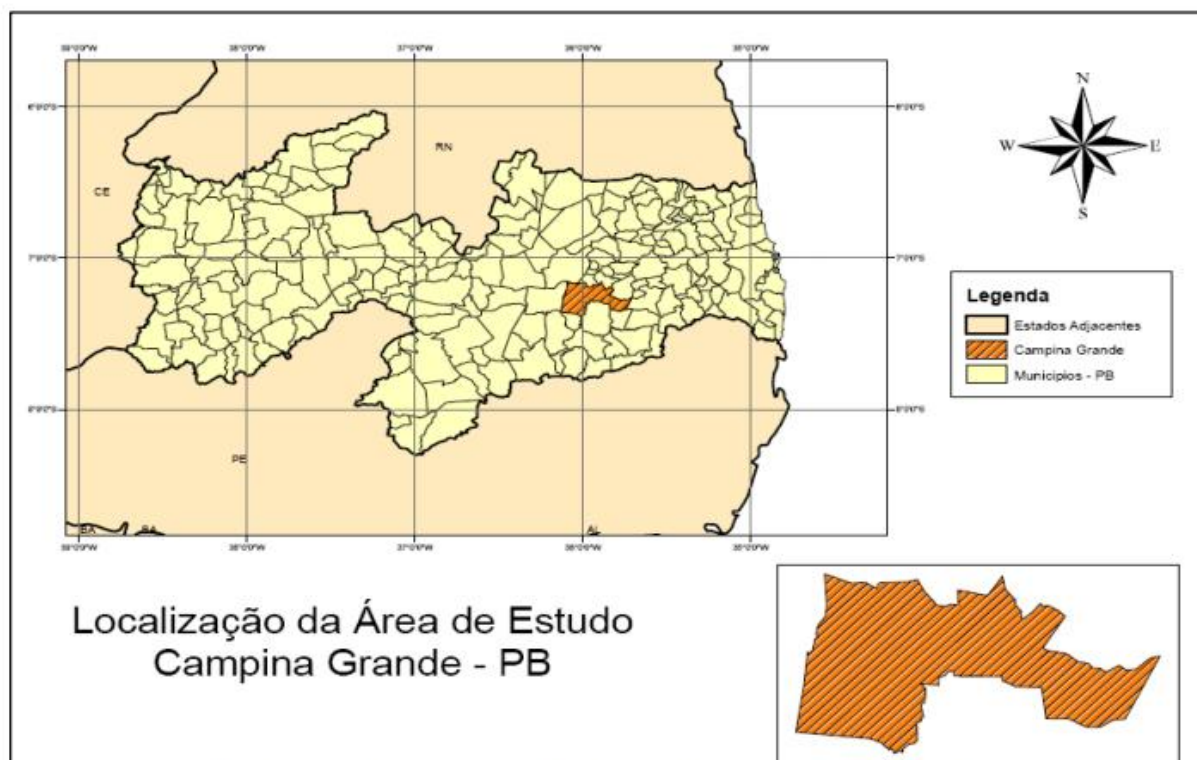
Fonte: Qualidade da água subterrânea no domínio das rochas cristalinas dos estados do CE, RN, PB e PE.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

De acordo com o WSG84 (World Geodetic System), a cidade de Campina Grande está localizada na posição 7°13'50' S, 35°52'52" W, conforme Figura 2, situada a 125 km da capital paraibana. A cidade pertence à região do agreste paraibano, e localiza-se em pleno planalto da Borborema, tendo curvas de níveis variando entre 337 e 665m acima do nível do mar.

Figura 2-Localização da área de estudo

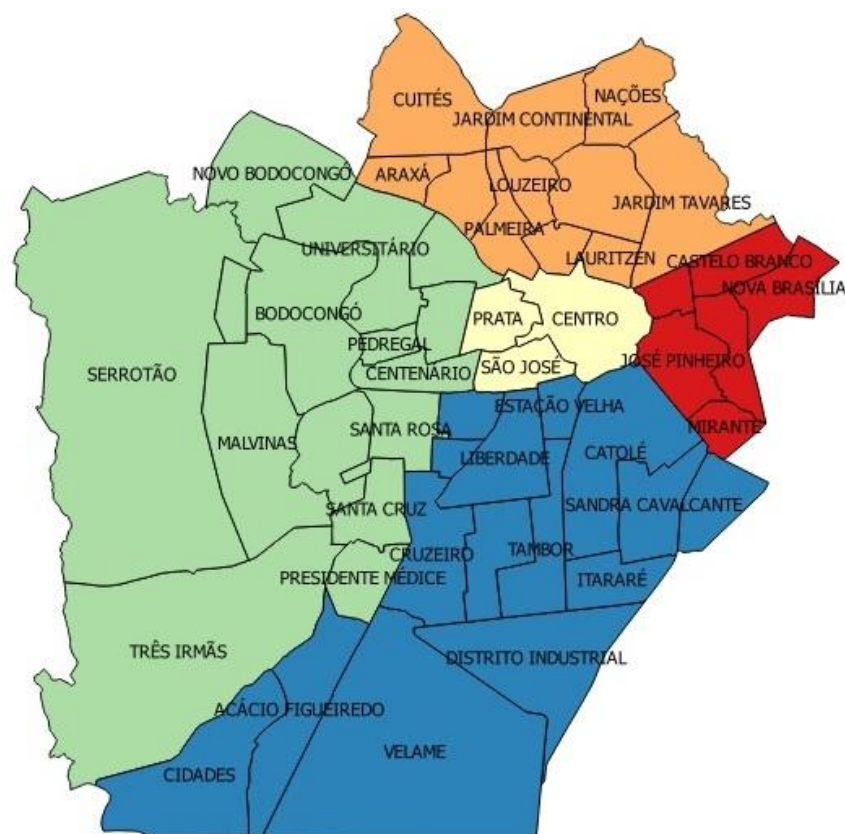


Fonte: Araújo et al (2012).

A cidade é caracterizada, por abrangência, como clima de semiárido brasileiro, mas apesar da classificação a altitude da região faz com que a temperatura seja moderada e tendo ainda algumas chuvas concentradas nos meses de abril a julho. O município de Campina Grande possui 593 km<sup>2</sup>, sendo

98 km<sup>2</sup> equivalente à área da cidade, e densidade demográfica de 648,31 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). Campina Grande é a segunda cidade mais importante do estado. Apresenta uma população estimada de 407.754 habitantes (IBGE, 2016) distribuída em 50 bairros (PMSB, 2014), cuja localização pode ser observada na Figura 3, que os apresenta classificados segundo sua geografia (regiões norte, sul, leste, oeste e central). Formada por maciços e morros altos, sua altitude varia entre 650 a 1000 metros e é caracterizada pelo clima quente e úmido, com temperaturas amenas, que variam de acordo com o relevo. Está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, nas regiões do Médio e Baixo curso do rio, apresentando assim rios perenes, de pequena vazão e com baixo potencial de águas subterrâneas.

Figura 3 -Localização dos bairros na cidade de Campina Grande.



Fonte: DARI, 2015.



---

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a menor temperatura já registrada em Campina Grande foi de 13,2 °C e a maior foi de 34,6 °C e a maior precipitação acumulada em um dia foi de 110,1mm.

A vegetação no município de Campina Grande é bastante diversificada, pois a cidade se faz fronteira com várias microrregiões de climas e vegetações, dentre elas árvores, pastagens, caatinga e vegetação rasteira.

## **4.2 ESCASSEZ HÍDRICA NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE**

Campina Grande é uma cidade do interior da Paraíba, com cerca de 400 mil habitantes, sendo que sua região metropolitana aglomera em volta dos 985 mil. A cidade está situada no planalto da Borborema na região do semiárido brasileiro, região está que vem sendo castigada por uma grande seca nos últimos cinco anos.

O açude de boqueirão, situado na bacia hidrográfica do rio Paraíba, possui hoje capacidade para 411 mil m<sup>3</sup> de água. Segundo a AESA (2017) o açude teve perda de cerca de 70% de seu volume hídrico, chegando ao mínimo de 2,91% no mês de abril de 2017. Há dois anos foi iniciado o processo de racionamento de água na região devido ao agudo decaimento do volume do reservatório. Inicialmente o racionamento tinha duração de trinta e seis horas semanais, posteriormente ampliado para oitenta e quatro horas, mas agora, está na iminência do fim devido a ter-se atingido a meta de 8,4% da capacidade do açude, devido a chegada da transposição do Rio São Francisco, assim com o longo racionamento. Com a situação de seca do período, a população teve que buscar fontes alternativas de abastecimento, para que pudesse suprir as necessidades higiênicas e de meio de trabalho, como irrigação e consumo animal.

---

### 4.3 AQUÍFERO EM CAMPINA GRANDE

A geologia na cidade de Campina Grande se caracteriza como rocha cristalina. Segundo os preceitos e caracterização dos tipos de aquíferos já informados, tem-se que a o aquífero da região é fraturado, ou seja, a única possibilidade de a região ter água subterrânea é através de fraturas e falhas na rocha.

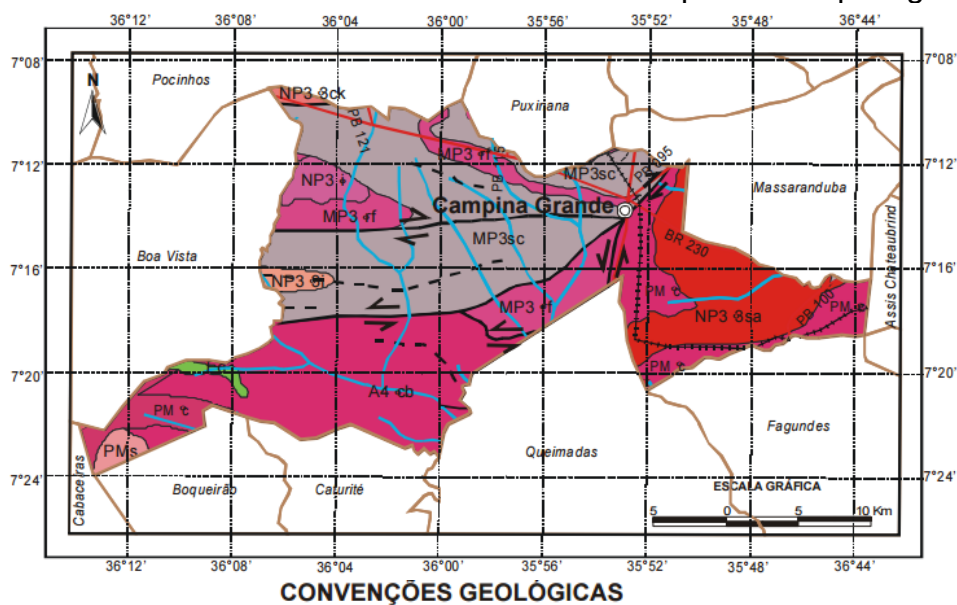
Pela própria classificação do aquífero, é pressuposto que a produção dos poços perfurados seja baixa, situação essa que faz com que o uso desta fonte seja de difícil êxito e paliativa.

Mesmo com as dificuldades de locação e com baixa vazão estimada, as buscas por esse meio de fonte alternativa, só fez crescer nos últimos anos. Segundo o Ministério de Minas e Energia, Campina Grande possuía, em 2005, somente sete poços de abastecimento cadastrados, no que na realidade atual, não chega ao número de poços em um dos 50 bairros.

A Figura 4 apresenta uma imagem disponibilizada no relatório do Ministério de Minas e Energia com as falhas geológicas da cidade. O mapa apresenta algumas falhas/zonas de cisalhamento na região. Na Figura 5, pode ser observado o mapeamento de solos do município.

Segundo o Ministério de Minas e Energia, na cidade de Campina Grande, ocorrem, em sua maioria, solos cristalinos. Terrenos cristalinos são aqueles que têm sua origem mais antiga, no período chamado Arqueozóico e Proterozóico. Essas duas eras juntas são conhecidas como Pré Cambriana. Em locais onde o solo é cristalino ocorre uma penetração de água apenas por meio de fraturas na rocha, uma vez que sua permeabilidade é praticamente nula, principalmente se comparadas a rochas sedimentares.

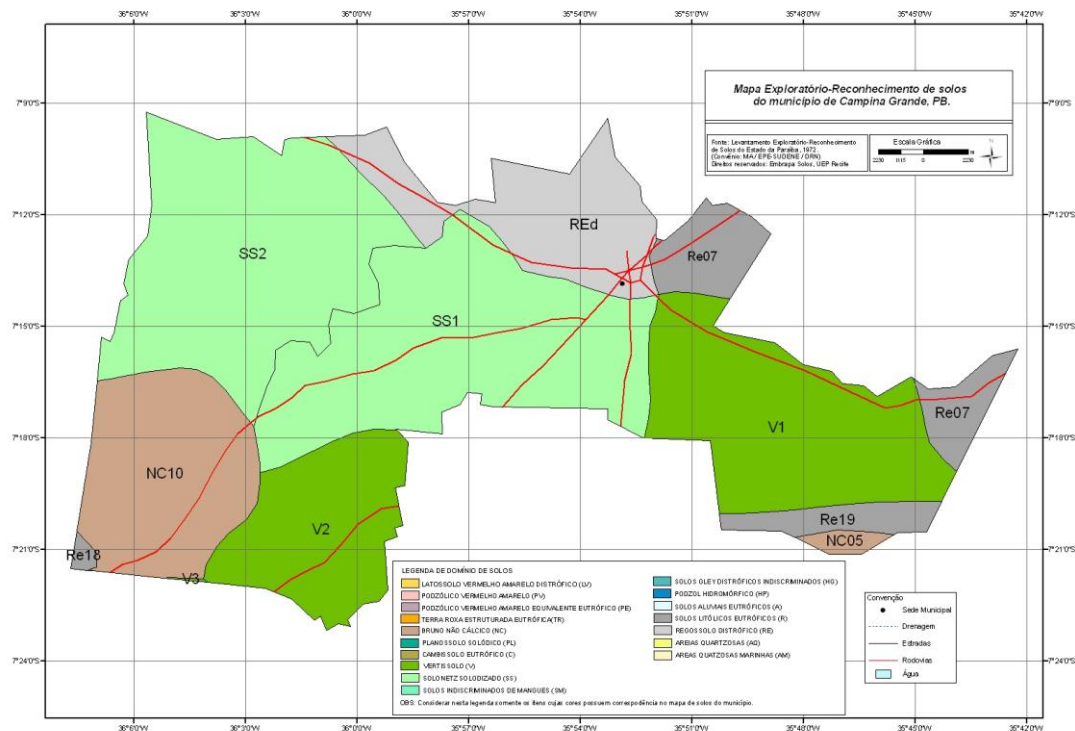
Figura 4– Falhas e zonas de cisalhamentos no município de campina grande



- CONVENÇÕES GEOLÓGICAS**
- Contato geológico
  - ⇒⇒⇒⇒⇒ Falha ou Zona de Cisalhamento Transcorrente Dextral
  - ⇐⇐⇐⇐⇐ Falha ou Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral
  - - - Lineamentos estruturais (Traços de Superfícies)

Fonte: CPRM (2005)

Figura 5 – Mapeamento de solos da cidade de Campina Grande



#### 4.4 OBTENÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Para obtenção dos dados de localização, profundidade, vazão utilizados nessa pesquisa foram consultados banco de dados existentes, como por exemplo: cadastro do SIAGAS, cadastro da AESA (Agência Executiva de de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) e empresas de perfuração de poços em Campina Grande. As informações fornecidas por esta última fonte citada não foram utilizadas por estarem incompletas, sendo insuficientes às análises a serem realizadas. A Tabela 5 apresenta a concatenação desses dados.

Tabela 5 – Poços disponibilizados pela AESA e SIAGAS.

Identificação do poço	Profundidade (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Latitude (GGMMSS)	Longitude (GGMMSS):	Órgão
Poço 1	8	1,7	-7,216722	-35,878944	AESA
Poço 2	21	1,8	-7,235139	-35,896	AESA
Poço 3	25	3	-7,2305	-35,881806	AESA
Poço 4	30	1,125	-7,235917	-35,897028	AESA
Poço 5	30	1	-7,230556	-35,931944	AESA
Poço 6	31	1,5	-7,248583	-35,905722	AESA
Poço 7	32	3,6	-7,234583	-35,8885	AESA
Poço 8	33	0,4	-7,228611	-35,875	AESA
Poço 9	33	0,6	-7,23675	-35,885917	AESA
Poço 10	34	0,6	-7,223944	-35,914556	AESA
Poço 11	35,5	0,52	-7,244417	-35,904472	AESA
Poço 12	36	1,61	-7,224556	-35,881444	AESA
Poço 13	40	0,7	-7,222833	-35,896361	AESA
Poço 14	40	0,25	-7,221889	-35,88575	AESA
Poço 15	40	1,44	-7,2325	-35,885556	AESA
Poço 16	40	0,8	-7,209806	-35,875806	AESA
Poço 17	40	0,8	-7,23	-35,929444	AESA
Poço 18	40	1,28	-7,233611	-35,885889	AESA
Poço 19	42	0,45	-7,222833	-35,896361	AESA

Poço 20	44	0,95	-7,222778	-35,876389	AESA
Poço 21	45	1,8	-7,24175	-35,894111	AESA
Poço 22	47	0,15	-7,232972	-35,870917	AESA
Poço 23	47	0,133	-7,2265	-35,876833	AESA
Poço 24	48	0,45	-7,224111	-35,881972	AESA
Poço 25	48	4	-7,223056	-35,876111	AESA
Poço 26	49	1,028	-7,25675	-35,930028	AESA
Poço 27	50	0,9	-7,251944	-35,878083	AESA
Poço 28	50	0,514	-7,209806	-35,875806	AESA
Poço 29	50	1	-7,245583	-35,906111	AESA
Poço 30	50	1,5	-7,224189	-35,883719	AESA
Poço 31	50	1	-7,240833	-35,913889	AESA
Poço 32	50	1,2	-7,241389	-35,916111	AESA
Poço 33	50	3	-7,246417	-35,905389	AESA
Poço 34	50	1,2	-7,228222	-35,878778	AESA
Poço 35	50	1,11	-7,228444	-35,882639	AESA
Poço 36	51	4,23	-7,253972	-35,886833	AESA
Poço 37	52	1,333	-7,257306	-35,880028	AESA
Poço 38	52	0,541	-7,217917	-35,891083	AESA
Poço 39	56	0,081	-7,229361	-35,906278	AESA
Poço 40	60	1,2	-7,234722	-35,876167	SIAGAS
Poço 41	60	0,354	-7,214944	-35,884417	SIAGAS
Poço 42	60	0,4	-7,229722	-35,870278	SIAGAS
Poço 43	120	1,636	-7,258972	-35,878639	SIAGAS
Poço 44	31	2,98	-7,220833	-35,879166	SIAGAS
Poço 45	32,5	1,47	-7,221388	-35,879166	SIAGAS
Poço 46	28	0,18	-7,221666	-35,879166	SIAGAS
Poço 47	62	1,98	-7,221944	-35,879166	SIAGAS
Poço 48	67	0,93	-7,25	-35,883333	SIAGAS
Poço 49	31,5	3,49	-7,255556	-35,883333	SIAGAS

<b>Identificação do poço</b>	<b>Profundidade (m)</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Latitude (GGMMSS)</b>	<b>Longitude (GGMMSS):</b>	<b>Órgão</b>
Poço 50	61,5	1,58	-7,249444	-35,883333	SIAGAS
Poço 51	86,6	2,37	-7,258889	-35,883333	SIAGAS
Poço 52	59	1,18	-7,256944	-35,883333	SIAGAS
Poço 53	52,5	1,47	-7,248056	-35,883333	SIAGAS
Poço 54	24	3,99	-7,272222	-35,916666	SIAGAS
Poço 55	84,4	1,04	-7,2725	-35,916666	SIAGAS
Poço 56	42	1,47	-7,272777	-35,916666	SIAGAS
Poço 57	26,3	2,98	-7,273055	-35,916666	SIAGAS
Poço 58	19,2	3,6	-7,273333	-35,916666	SIAGAS
Poço 59	50,6	5,97	-7,273611	-35,916666	SIAGAS
Poço 60	40	2,48	-7,221111	-35,866667	SIAGAS
Poço 61	84	0,79	-7,228889	-35,866667	SIAGAS
Poço 62	35	0,46	-7,231944	-35,866667	SIAGAS
Poço 63	181	3,99	-7,212777	-35,908333	SIAGAS
Poço 64	69	0,48	-7,228055	-35,896944	SIAGAS
Poço 65	66	0,88	-7,2275	-35,896666	SIAGAS
Poço 66	65	1,6	-7,2275	-35,896666	SIAGAS
Poço 67	66	0,99	-7,227222	-35,896388	SIAGAS
Poço 68	48,5	0,27	-7,228055	-35,897222	SIAGAS
Poço 69	50	0,2	-7,227222	-35,896111	SIAGAS
Poço 70	50	0,22	-7,226388	-35,895555	SIAGAS
Poço 71	50	0,11	-7,252778	-35,9025	SIAGAS
Poço 72	41,1	0,88	-7,274167	-35,911389	SIAGAS

Fonte: AESA (2017) e SIAGAS (2017)

O SIAGAS é um sistema de informações de águas subterrâneas desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB, disponível ao público. Ele contempla uma base de dados de poços, que é permanentemente atualizada, e permite realizar consulta, pesquisa, extração e geração relatórios.

#### **4.5 ESPACIALIZAÇÃO DE POÇOS E PARÂMETROS**

Foram elaborados mapas da área urbana da cidade de Campina Grande, georreferenciando os poços obtidos junto aos órgãos responsáveis, e especializando as informações de profundidade e vazão, sobrepostos ao mapeamento de falhas e zonas de cisalhamento. Além da cidade como um todo, também foram analisados, de forma isolada, três bairros: Centro, Catolé e Estação Velha.

O Catolé e Centro foram escolhidos devido ao grande número de poços dentro do bairro, enquanto o bairro Estação Velha, foi selecionado devido a melhor distribuição dos poços, considerando os dois poços no mesmo, e um bom número nos bairros arredores.

Na elaboração dos mapas, foi utilizado o software ArcMap 10.5®, que é um Sistema de Informações Geográficas comercial amplamente utilizado. Tal sistema permite a entrada, o processamento e visualização de dados espaciais.

#### **4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS**

Para as análises, verificou-se os principais pontos estatísticos, sendo eles média, moda, desvio padrão, máximo e mínimos, frequência relativa e distribuição. Essa análise foi realizada tanto para a cidade como um todo, como para cada bairro da região, assim trazendo uma melhor visão global e local.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os dados obtidos através da AESA e SIAGAS foi elaborada a Tabela 6, que apresenta as principais características estatísticas dos dados dos poços.

Tabela 6 – Parâmetros estatísticos dos poços de Campina Grande

	Profundidade (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
Média	48,93	1,43
Moda	50,00	1,00
Desvio Padrão	13,94	0,89
Mínimo	8,00	0,08
Máximo	181,00	5,97

Fonte: Autoral

Comparando a vazão observada de 1,43m<sup>3</sup>/h com as médias nacionais, percebemos que a média campinense está bem aquém do desejado. Mas comparando com a média paraibana desenvolvida por NEVES E MORALES (2006) e com a média de dois bairros de Campina Grande, Catolé e Sandra Cavalcante realizado por LIMA (2017), está acima da média.

O alto índice de variação da vazão é uma das características que evidencia o solo cristalino, pois devido a vazão ser vinculada às fraturas e fendas na rocha, os índices variam com grande intensidade, mesmo em poços próximos.

De acordo com a Organização das Nações Unidas 50 litros de água por dia são necessários para suprir a demanda mínima de água de uma pessoa. Com uma vazão média de 1400 litros por hora, é possível atender a 280 pessoas por poço diariamente, contando que o fornecimento seja contínuo por 10 horas do dia.



A Tabela 7 foi feita para melhor análise das médias de renda, vazão, profundidade e número de poços. A informação da renda foi obtida junto à Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de Campina Grande.

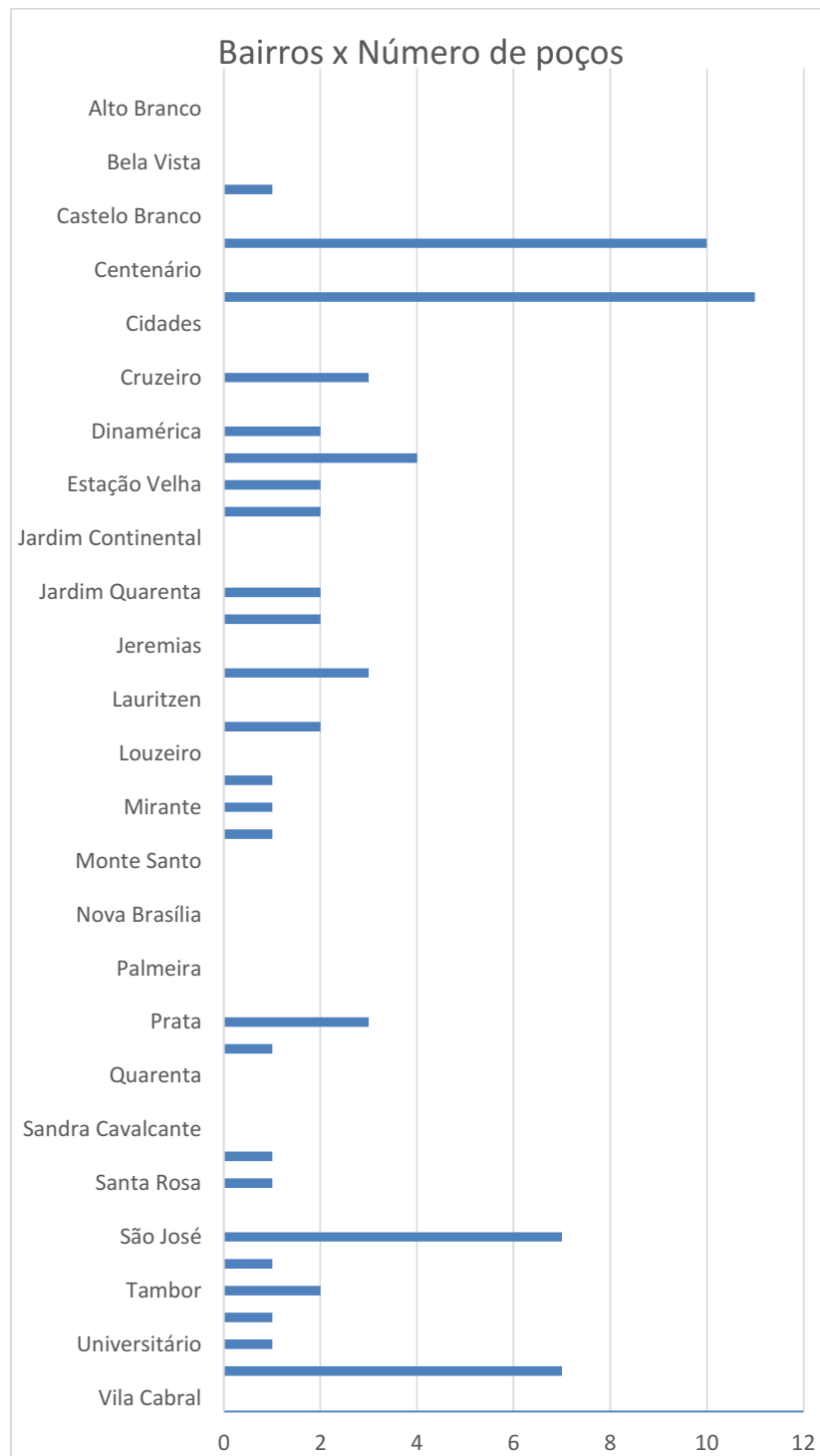
Tabela 7 - Caracterização dos bairros e respectivas características médias dos poços.

Bairro	População (habitantes)	Rendimento médio mensal	Número de poços	Vazão média	Profundidade Média	Vazão máxima	Vazão mínima
Acácio Figueiredo	9.300	357,8	-	-	-	-	-
Alto Branco	8.850	996,0	-	-	-	-	-
Araxá	1.751	249,2	-	-	-	-	-
Bela Vista	6.070	1.160,3	-	-	-	-	-
Bodocongó	13.788	524,4	1	0,60	34,00	0,6	0,6
Castelo Branco	2.895	596,5	-	-	-	-	-
Catolé	19.554	1.115,6	10	1,12	49,30	3,00	0,15
Centenário	8.301	629,8	-	-	-	-	-
Centro	7.527	1.346,6	11	1,22	39,95	2,98	0,18
Cidades	6.042	233,3	-	-	-	-	-
Conceição	3.439	871,8	-	-	-	-	-
Cruzeiro	14.021	592,2	3	1,21	45,20	3,00	0,11
Cuites	1.924	312,9	-	-	-	-	-
Dinamérica	5.479	713,2	2	1,10	50,00	1,20	1,00
Distrito Industrial	2.518	272,7	4	1,63	79,40	2,37	1,18
Estação Velha	3.313	355,5	2	2,39	40,00	3,59	1,28
Itararé	3.093	1.343,0	2	2,2	40,75	3,49	0,90
Jardim Continental	2.268	1.343,0	-	-	-	-	-
Jardim Paulistano	8.027	869,4	-	-	-	-	-
Jardim Quarenta	2.787	603,7	2	1,46	25,50	1,80	1,13
Jardim Tavares	3.489	1.884,9	2	0,66	45,00	0,80	0,51
Jeremias	10.629	299,9	-	-	-	-	-
José Pinheiro	16.112	409,9	3	1,73	64,00	4,00	0,40

Bairro	População (habitantes)	Rendimento médio mensal	Número de poços	Vazão média (m³/h)	Prof. Média (m)	Vazão máxima (m³/h)	Vazão mínima (m³/h)
Lauritzen	2.713	1.571,9	-	-	-	-	-
Liberdade	15.836	1.210,0	2	2,70	38,50	3,60	1,80
Louzeiro	1.315	360,5	-	-	-	-	-
Malvinas	38.713	396,5	1	0,80	40,00	0,8	0,8
Mirante	1.792	3.117,8	1	0,46	35,00	0,46	0,46
Monte Castelo	8.418	368,1	1	2,48	40,00	2,48	2,48
Monte Santo	7.600	444,1	-	-	-	-	-
Nações	1.406	1.380,4	-	-	-	-	-
Nova Brasília	9.386	329,5	-	-	-	-	-
Novo Bodocongó	1.533	268,3	-	-	-	-	-
Palmeira	5.691	888,1	-	-	-	-	-
Pedregal	8.446	253,6	-	-	-	-	-
Prata	3.573	1.286,7	3	0,56	44,70	0,70	0,45
Presidente Médici	4.298	675,9	1	1,50	31,00	1,51	1,51
Quarenta	4.996	592,0	-	-	-	-	-
Ramadinha	2.170	254,6	-	-	-	-	-
Sandra Cavalcante	6.517	1.034,7	-	-	-	-	-
Santa Cruz	9.415	598,9	1	1,00	50,00	1	1
Santa Rosa	10.735	1.077,9	1	0,08	56,00	0,08	0,08
Santo Antônio	3.932	474,8	-	-	-	-	-
São José	3.950	973,3	7	0,66	59,21	1,60	0,20
Serrotão	6.911	201,2	1	1,00	30,00	1	1
Tambor	7.777	688,2	2	2,42	42,00	4,23	0,60
Três Irmãs	12.209	472,5	1	1,03	49,00	1,03	1,03
Universitário	3.732	1.346,5	1	3,99	181,00	3,99	3,99
Velame	6.036	325,2	7	2,85	41,09	5,97	0,88
Vila Cabral	4.805	364,1	-	-	-	-	-

Fonte: Censo demográfico IBGE (2010), SIAGAS e AESA

Figura 6– Gráfico de números de poços por bairro

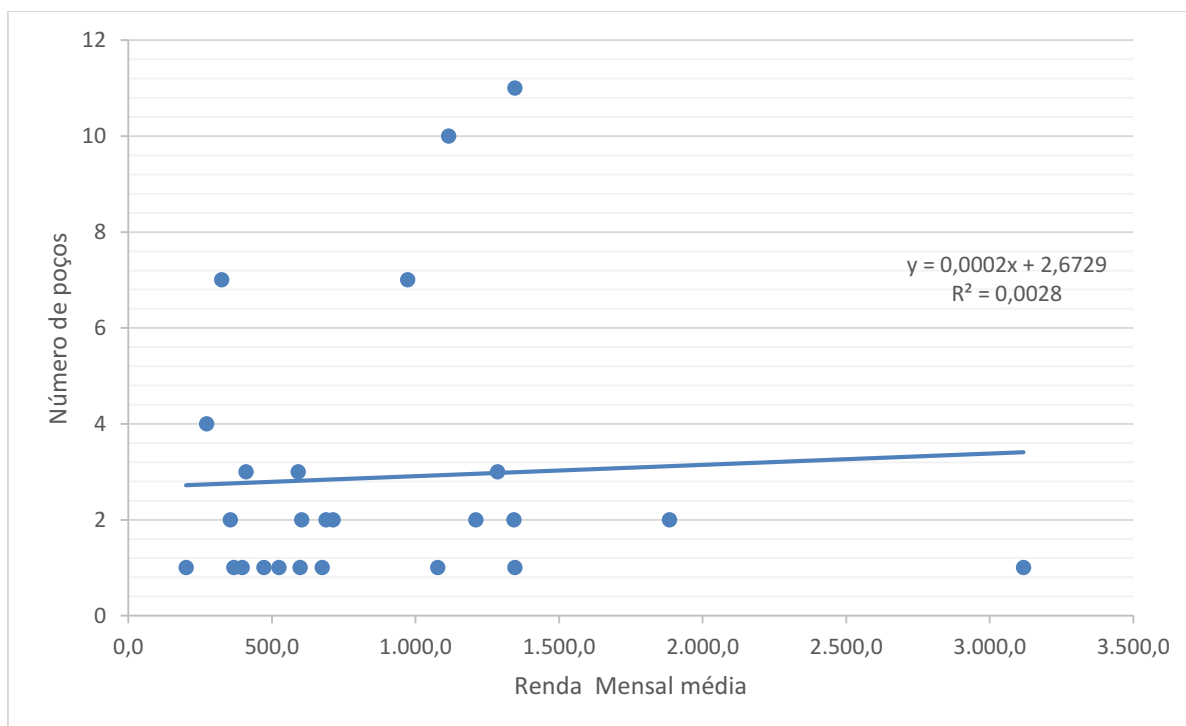


Fonte: Autoral

O bairro com maior número de poços foi o Centro, o que pode estar associado à alta necessidade de água em áreas comerciais. Seguido pelo bairro do Catolé, que possui uma alta população com elevada renda média e que supostamente tem mais condições de arcar com os custos do processo de perfuração de um poço.

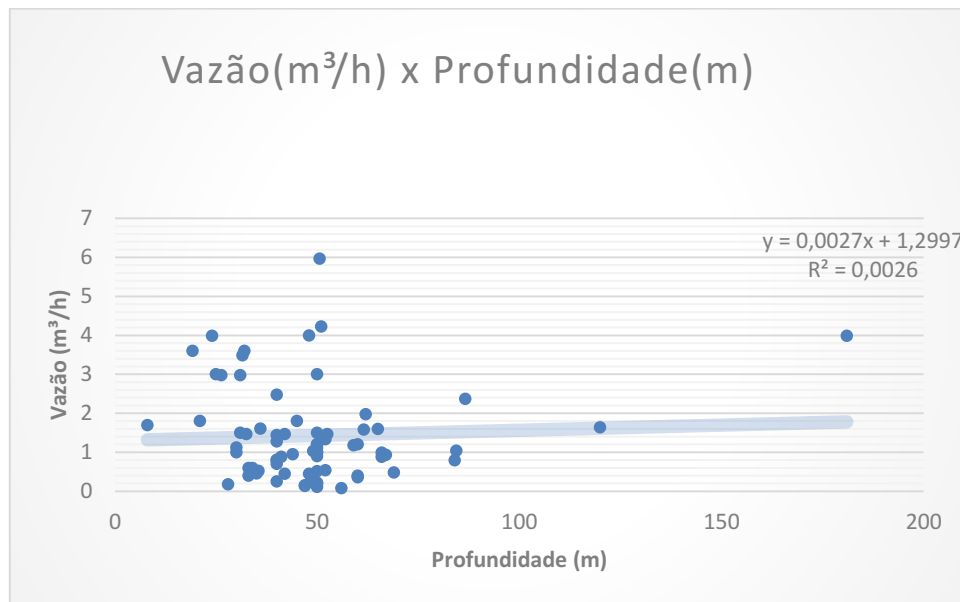
Foi verificada tal relação na cidade de Campina Grande, devido aos altos custos do serviço de perfuração (vide gráfico da figura 7), mas não foi encontrada nenhuma correlação entre os dados de número de poços e renda mensal. Vários aspectos podem ter influenciado neste resultado, como por exemplo, o baixo número de poços em alguns bairros, ausência de poços não outorgados e o uso de outras soluções nos bairros com maior renda.

FIGURA 7- Gráfico de número de poços x renda mensal média



Fonte: Autoral

Figura 8– Gráfico de vazão x profundidade dos poços de campina grande

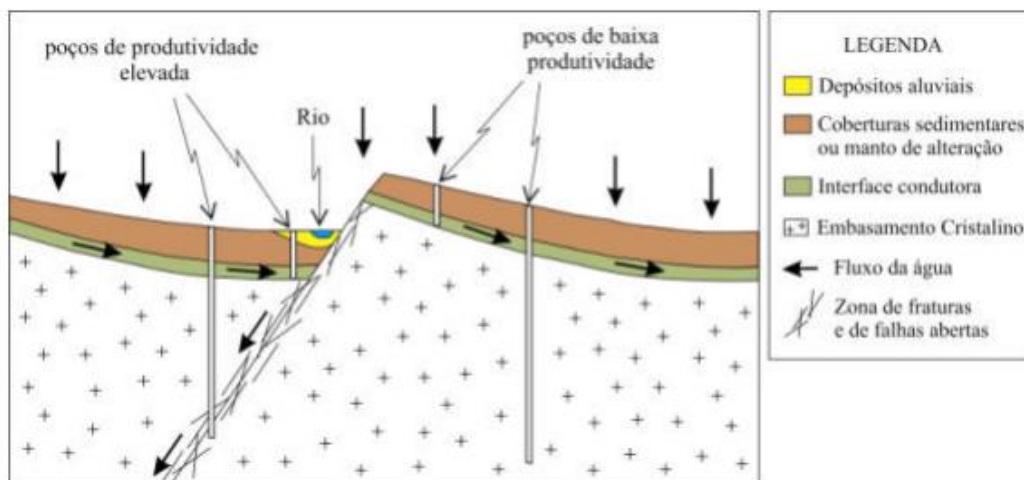


Fonte: Autoral

Foi analisada também a relação entre profundidade e vazão, buscando alguma correlação entre o aumento da profundidade e uma melhor vazão. Como previsto, em solos cristalinos, essa correlação não tem fundamentação numérica, pois obteve-se correlação de  $R^2 = 0,0026$ , vide gráfico da figura 8, tendo assim correlação classificada como muito fraca.

Na Figura 9, tem-se a visualização do porquê das vazões e profundidades não se correlacionarem. Um poço com profundidade elevada, a depender das características da fratura no local, pode apresentar baixa vazão, ou mesmo não encontrar água durante a perfuração, no caso de não interceptar uma fissura. O mesmo pode ocorrer para situação oposta, ter-se um poço com profundidade menor, mas com contato com fratura mais intensa, e assim tendo alta vazão.

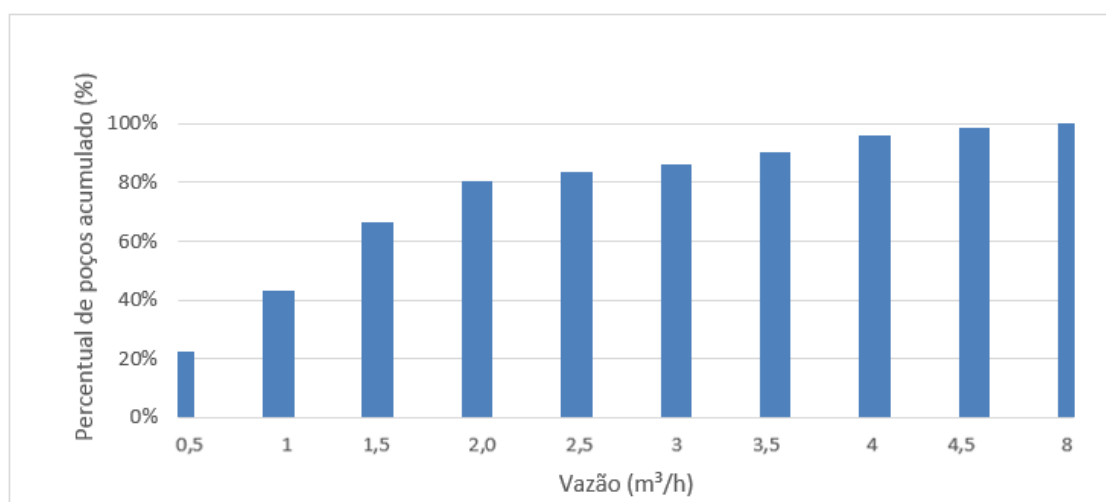
Figura 9- Produtividade dos poços



Fonte: (Neves & Norberto, ANO)

A Figura 8 mostra as frequências acumuladas de vazão na cidade de Campina Grande, onde mais de 80% das vazões são de até 2 m<sup>3</sup>/h, o que reforça a ideia de pouco acúmulo de água nos aquíferos cristalinos.

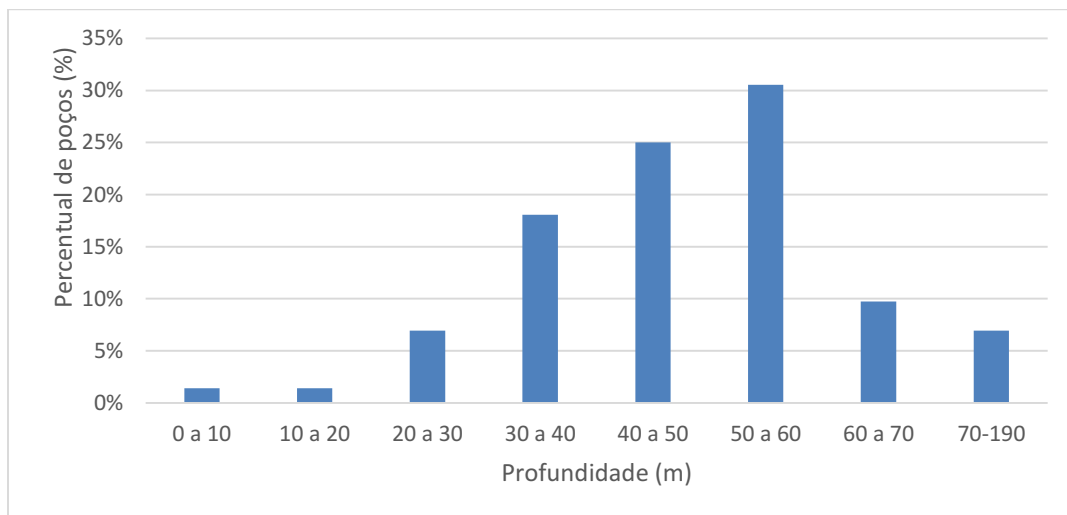
Figura 10- Frequência acumulada de vazão



Fonte: Autoral

Já na Figura 11, tem-se a frequência relativa de profundidade, onde pode-se verificar que aproximadamente 50% dos poços da área urbana têm entre 40m e 60m de profundidade, fator esse que deve ser limitado pelo alto custo da perfuração e pela capacidade de perfuração das máquinas locais. Como a relação profundidade e vazão não são proporcionais, existe a possibilidade de não ser tão vantajoso avançar a profundidades maiores, até por não haver garantia de maior vazão.

Figura 11 Frequência relativa de profundidade



Fonte: Autoral

Para espacializar as profundidades e as vazões (Figura 12 e 13) utilizou-se uma legenda graduada, representando cada intervalo de vazão e profundidade com símbolos de tamanhos crescentes. No mapa de profundidade (Figura 12), quanto maior e mais avermelhado o círculo, maior a profundidade do poço, enquanto no mapa de vazão (Figura 13) quanto maior e mais azulado, maior a vazão do poço.

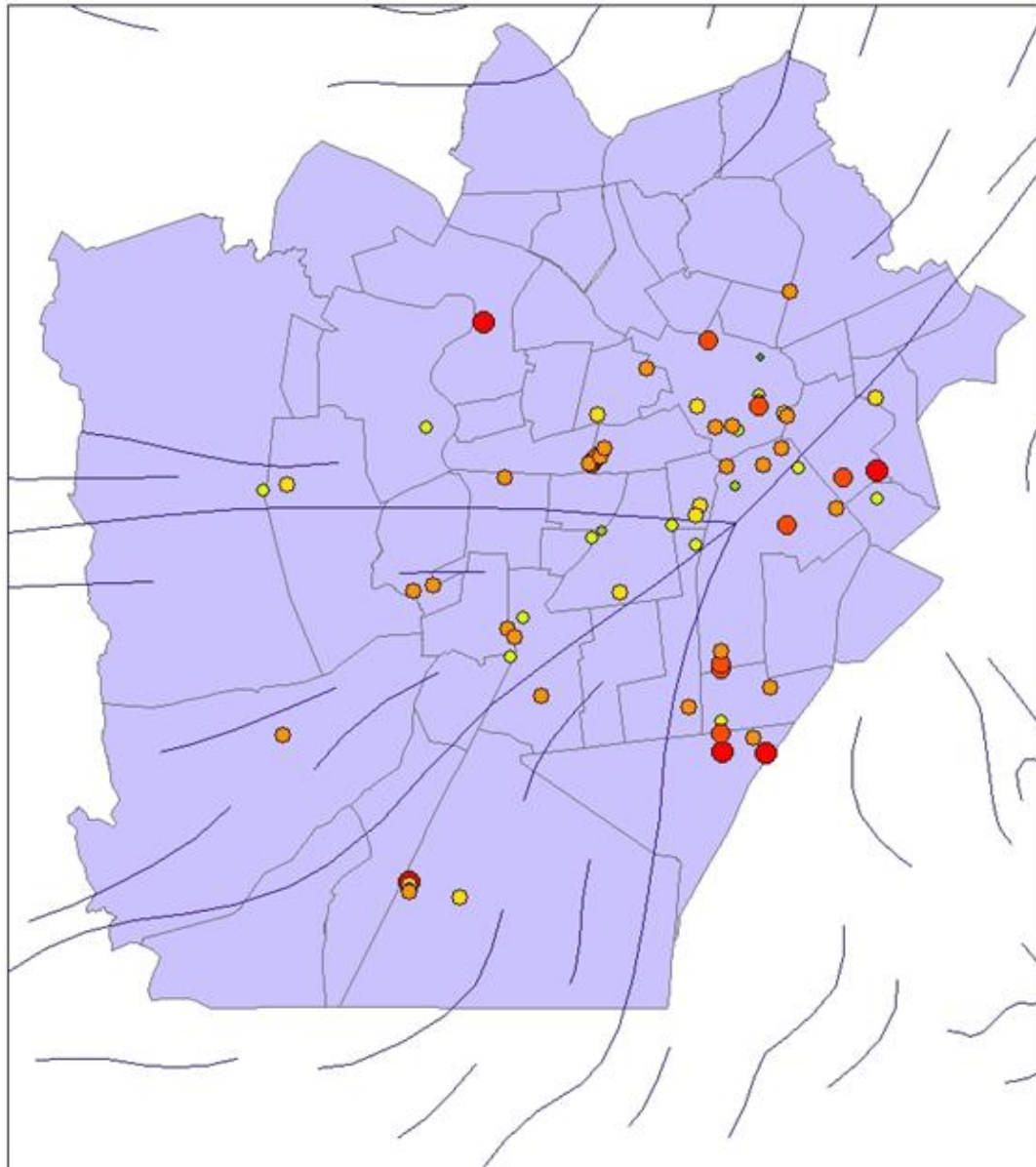
Foram encontradas maiores vazões, em pontos um pouco mais próximos das falhas geológicas, onde é possível que exista maiores fraturas na rocha e conseqüentemente mais espaço para armazenamento de água. Embora não haja uma exatidão da localização das falhas, pode-se prever que nos

arredores dos pontos dessas falhas seja mais propício ao encontro de reservas de água.

Além disso, foram encontradas menores profundidades em torno das fendas, situação essa que leva a crer que ao se perfurar nas proximidades dessas fissuras pode ser que se encontre água em profundidades pequenas.



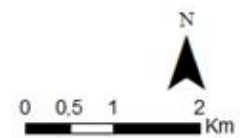
Figura 12- Espacialização da profundidade dos poços.

**Legenda**

- Bairros
- Falhas geológicas

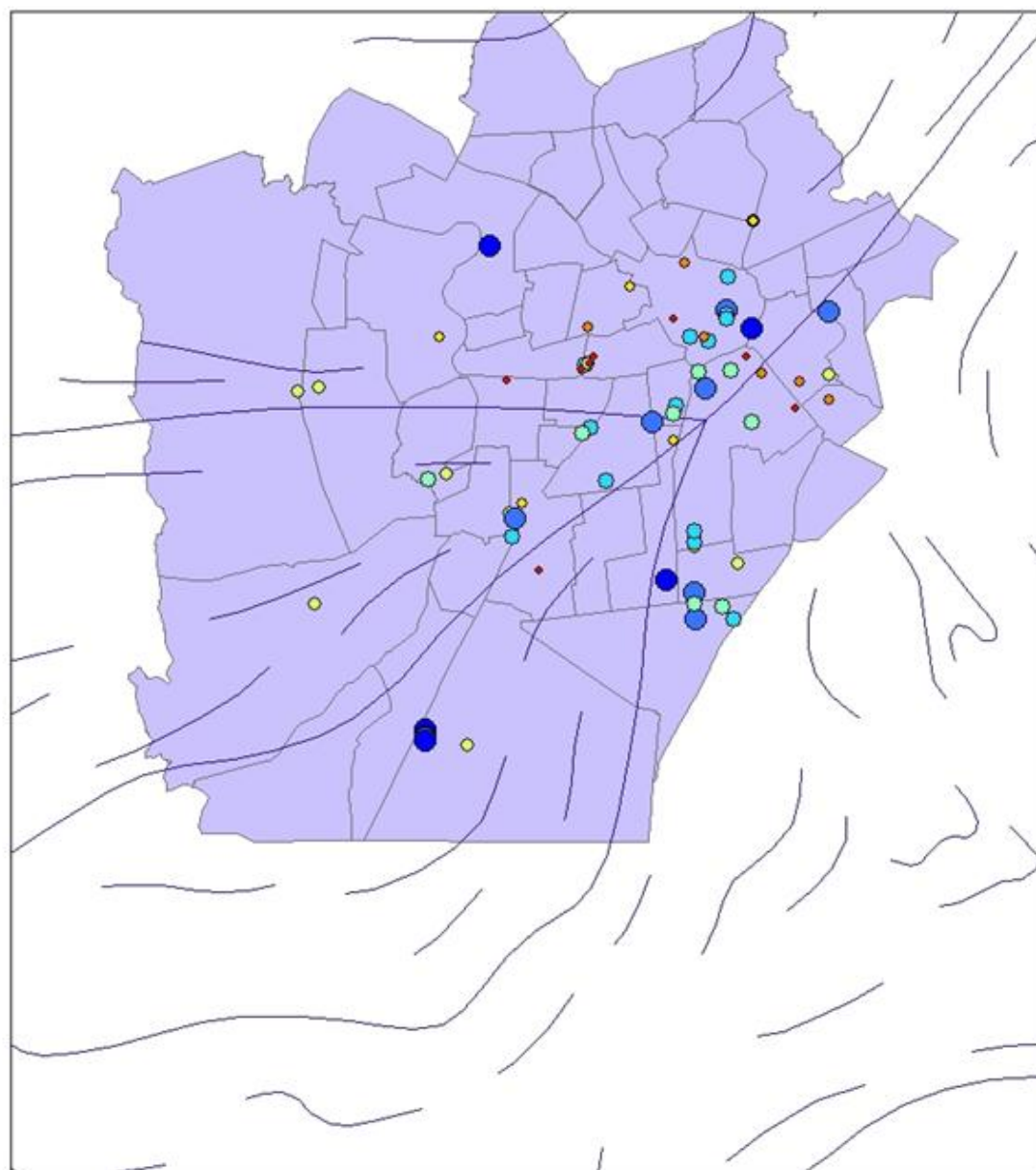
**POÇOS NA ÁREA URBANA:  
PROFUNDIDADE (m)**

- 0-8
- 8-28
- 28-36
- 36-45
- 45-56
- 56-69
- 69-182



Fonte: Autoral

Figura 13– Espacialização das vazões dos poços

**Legenda**

- Bairros
- Falhas geológicas

**Poços na área urbana:  
Vazão(m³/h)**

- 0,08-0,27
- 0,27-0,48
- 0,48-0,70
- 0,70-1,04
- 1,04-1,33
- 1,33-1,98
- 1,98-3,6
- 3,6-5,97



Fonte: Autoral

Após a verificação da distribuição de poços pela cidade, notou-se que três bairros possuíam um número razoável de poços. O que levou a uma extensão das análises nos mesmos, através da interpolação espacial dos dados. Esses bairros, conforme já mencionado, foram Centro, Catolé e Estação Velha. Não foram verificados todos os bairros devido à ausência, ou existência de poucos poços. Para espacializar as profundidades e as vazões (Figura 14, 15 e 16) utilizou-se o interpolador chamada IDW (Interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância), que corresponde à interpolação entre cada ponto como uma influência local, diminuindo à medida que a distância entre os pontos aumenta. Tal interpolação, feita através da ferramenta IDW do ArcMap, usou também poços às margens dos limites destes bairros.

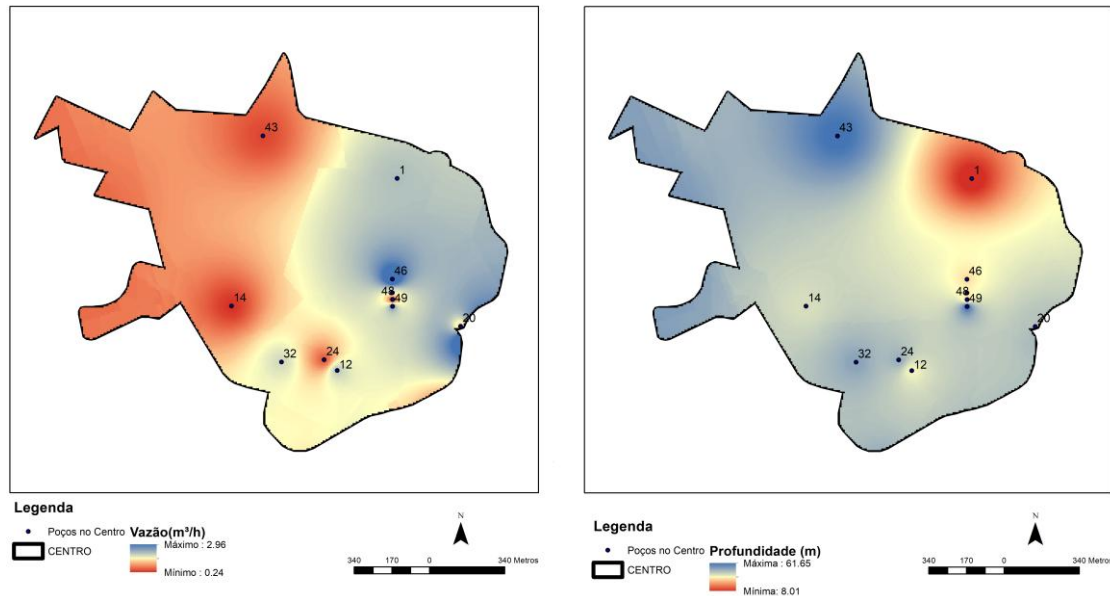
Estes mapeamentos permitiram uma análise visual e comparativa interessante, mas deve-se enfatizar que, conforme apresentado anteriormente, as variações de vazão captada ocorrem de acordo com as falhas e fissuras geológicas, podendo ter mudanças bruscas, e não de forma gradativa como mapeado.

Seguem, as interpolações das profundidades (imagens à esquerda) e vazões (imagens à direita) dos bairros do Centro, Catolé e Estação Velha.

### **Centro:**

Com um número de onze poços, o bairro do centro apresentou os mapas de interpolação dados na Figura 14 a seguir. A vazão média do bairro, foi de 1,22 m<sup>3</sup>/h, ou seja, 15% abaixo da média da cidade, embora exista um poço no bairro que tenha uma máxima de 2,98m<sup>3</sup>/h, quase o dobro da média campinense. Não foram observados padrões nas profundidade e vazões. O que reforça a ideia de não correlação dos atributos dos poços no geral e que o único fator influente na vazão dos poços é o tamanho das fendas.

Figura 14 Interpolação de profundidade e vazão do bairro do centro

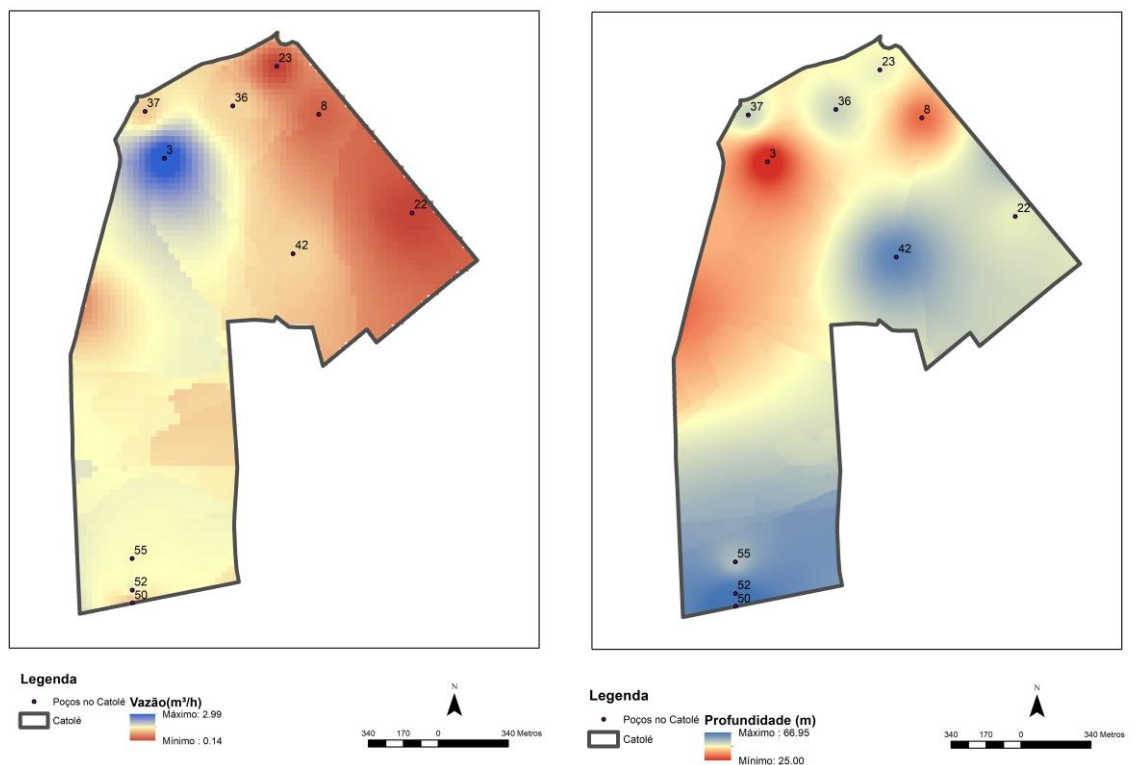


Fonte: Autoral

### Catolé:

No bairro do Catolé, a interpolação foi realizada com dez poços, observou-se na Figura 15, que um dos pontos continuou contradizendo à tentativa de correlação entre os dados de vazão e profundidade. Observou-se também que boa parte dos poços são de acentuada profundidade, o que pode estar relacionado a uma alta renda per capita dos habitantes do bairro. Já nos dados de vazão, o bairro verificou uma média de  $1,12\text{m}^3/\text{h}$ , ou seja, 22% abaixo da média da cidade, mas tendo uma vazão máxima de  $3\text{m}^3/\text{h}$ .

Figura 15 Interpolação de profundidade e vazão do bairro Catolé

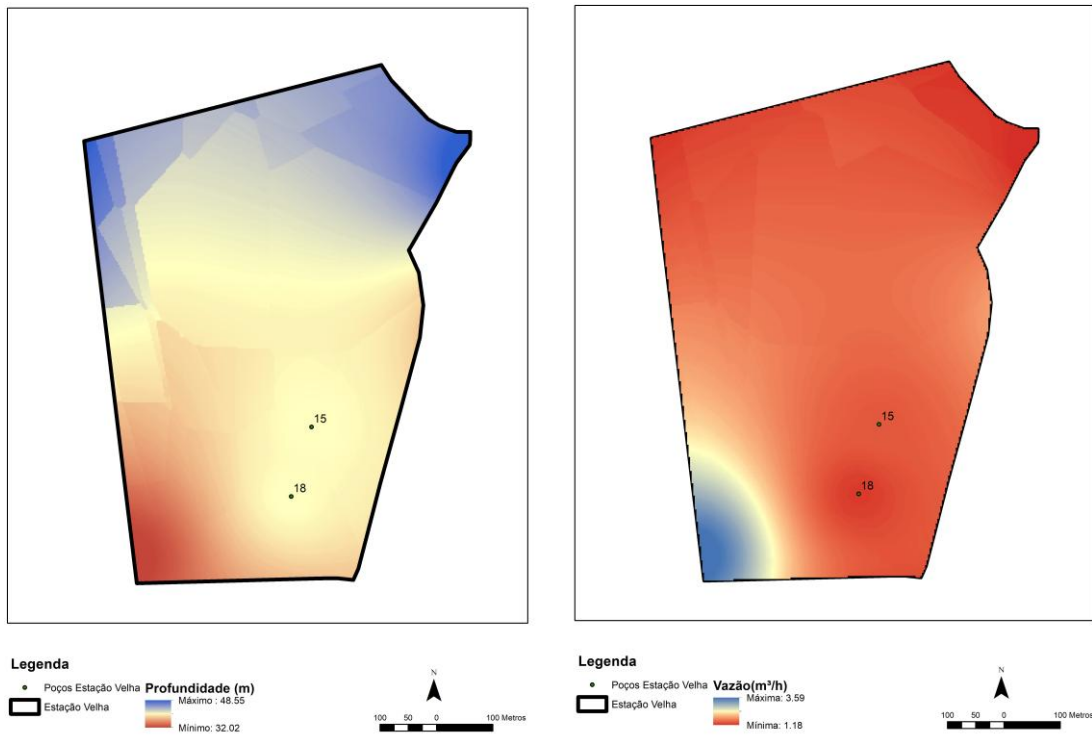


Fonte: Autoral

### Estação Velha:

O bairro Estação Velha, apesar de não ser um dos com maior número de poços, apresentou uma boa vazão média. Neste bairro, obteve-se média de vazão de 2,3 m<sup>3</sup>/h, 60% maior que a média da cidade e um dos poços no bairro obteve uma vazão de 3,59 m<sup>3</sup>/h, ou seja, 2 m<sup>3</sup>/h a mais que a média campinense. Há também uma boa distribuição de poços, considerando os poços dos bairros arredores. Os resultados das interpolações estão apresentados na Figura 16. A maior parte dos poços tem profundidade baixa, e mesmo com os menores índices de profundidade, os poços do bairro atingiram vazão acima da média da cidade.

Figura 16 Interpolação de profundidade e vazão do bairro Estação Velha



Fonte: Autoral

## 6 CONCLUSÃO

Nos últimos anos, a cidade de Campina Grande foi bastante atingida pela seca na região do Nordeste. A cidade está há mais de dois anos em racionamento de água e embora, agora esteja ocorrendo a transposição das águas do rio São Francisco para abastecer o açude Epitácio Pessoa, soluções é importante o conhecimento de fontes alternativas para o abastecimento de água.

Apesar de pequena, a fonte alternativa baseada em extração de água, do subterrâneo cristalino campinense, é capaz de amenizar os impactos sofridos no processo da seca, uma vez que um poço com vazão média local pode chegar a abastecer 280 pessoas por dia.

Mesmo com tantos poços cadastrados nos órgãos públicos, tem-se conhecimento que ainda existem muitos poços clandestinos que não foram documentados na pesquisa. Com esses dados, seria possível uma análise ainda mais completa e efetiva, levando a um melhor diagnóstico da região.

Quando comparada a vazão na região urbana da cidade, 1,43 (m<sup>3</sup>/h) com a vazão do estado da Paraíba 1,12 (m<sup>3</sup>/h), obteve-se um resultado acima da média paraibana. Já quando comparado com outras médias nacionais mencionadas na tabela 4, este mostra-se um potencial baixo.

Com este estudo, será possível ter uma melhor visão sobre um recurso tão importante em épocas de seca, mesmo em locais com predominância de solos cristalinos. Foi reafirmada a não correlação do aumento da profundidade com o aumento da vazão em solos cristalinos. Com certa cautela, haja vista o número limitado de informações e a escala das informações geológicas, foi observado que uma maioria dos poços com maior produção situam em uma faixa próxima às falhas/zonas de cisalhamento. Diante disto, sugere-se a realização de trabalhos que permitam refinar o levantamento geológico, identificando melhor a localização de fissuras, assim como também mapear os outros poços existentes na cidade.

É sugerida também uma melhor análise na qualidade de água desses poços, pois como foi mostrado por MEDEIROS (2017), os poços em Campina

Grande não podem servir para consumo humano, pois em sua grande maioria, são águas impróprias para este fim.



---

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Sustentabilidade Socioambiental. Revista Água e Meio Ambiente Subterrâneo. Ano 3, n. 22. Jun. jul. 2011.

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. Estudos Avançados, 13 (36), p.07-59, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v13n36/v13n36a02.pdf>>

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas. Disponível em [www.aesa.pb.gov.br](http://www.aesa.pb.gov.br). Acesso em 10 de março de 2017.

ARAÚJO, E.; Rufino, I; Linguinho, R. Análise da expansão urbana versus o comportamento da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB através de imagens de satélite.

COSTA, A, M, B; MELO, J, G; SILVA, F, M; FILHO, J, B, D.; Avaliação de poços em aquífero cristalino no Rio Grande do Norte Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/9714/6705>>. Acesso em: ago, 2017.

CPRM- Serviço Geológico do Brasil - PROJETO CADASTRO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA ESTADO DE PARAÍBA. Diagnóstico do município de Campina Grande. Outubro de 2005.

GUIMARÃES, Patrícia Borba Vilar. RIBEIRO, Márcia Maria Rios. (2007) *Desafios da cobrança pelo uso da água no contexto federativo nacional de competências. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. São Paulo.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. Disponível em: < <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=250400>>. Acesso em: mar. 2017.

LEAL, Onofre. Vulnerabilidade das águas subterrâneas da região metropolitana do Recife. Recife: CPRM, 1999. v. 2. (Série Recursos Hídricos).

---

OLIVEIRA, G. P. O rio e o caminho natural: proposta de canais do São Francisco, aspectos físicos fluviais e dinâmicas políticas no Brasil Império (1846-1886). 2015

REBOUÇAS, A. C. Groundwater in Brazil. *Episodes*, v. 11, p 209-214, 1988.

SOUZA, J, S, C; GIAMPÁ, C, E, Q.; Potencial aquífero no Estado de São Paulo. 1982 Anais do 2º Congresso brasileiro de águas subterrâneas.

WREGE, N. Termos hidrogeológicos básicos. 1997

LIMA, M. F. Levantamento quantitativo dos poços artesianos existentes nos bairros do Catolé e Sandra Cavalcante, na cidade de Campina Grande-PB. (2017)

FEITOSA, A. C. F.; FILHO, M. J; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J, G. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. (1997)

DAVIS, S. N.; TURK, L. J. Optimum Depth of Wells in Crystalline Rocks. *Groundwater*, v. 2, n. 2, p. 6–11, 1964.

NEVES, M. A.; MORALES, N. 2006. Fatores que influenciam a produtividade dos poços nas rochas cristalinas da Bacia do rio Jundiá (SP). In. AGAS, Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 14, Curitiba, Anais, 17p.

FEITOSA, F. A. C. Compartimentação qualitativa das águas subterrâneas das rochas cristalinas do Nordeste oriental. UFPE, Proposta de Tese de Doutorado, 2009. MANOEL FILHO, J. Modelo de dimensão fractal para avaliação de parâmetros hidráulicos em meio fissural. São Paulo: USP, 1996. Tese de Doutorado.

FEITOSA, F. A. C.; DINIZ, J., A., O.; Água subterranean no cristalino da região semiárida brasileira. II Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo

MEDEIROS, D., L, R; Avaliação do uso das águas subterrâneas em duas microbacias urbanas no município de Campina Grande-PB. 2017