

**FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
DE CONSELHEIRO LAFAIETE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**OTIMIZAÇÃO DE PERFORMANCE NO BOMBEAMENTO DE POÇO PROFUNDO: UMA
ANÁLISE DO CUSTO OPERACIONAL**

**PERFORMANCE OPTIMIZATION IN DEEP WELL PUMPING: AN OPERATING COST
ANALYSIS**

Kelvin Felipe Oliveira Santos Fonseca

Tatiana Aparecida Rodrigues

Rodovia MG 482 - Gigante, Conselheiro Lafaiete - MG, 36400-000 - Brasil
181-005556@aluno.unipac.br, tatiana.rodrigues@unipaclafaiete.edu.br

Resumo: A crescente demanda de água tanto para o consumo humano quanto industrial contribuíram para elevar a importância de se buscar métodos de perfuração de poços para águas subterrâneas, tornando-as alvos de pesquisas. Desse modo, o presente artigo científico teve como objetivo especificar uma bomba submersa para atender as demandas de bombeamento em uma unidade de mineração da região do Alto Paraopeba, respeitando a outorga existente. Os resultados encontrados evidenciam que as bombas BHSE 8190-05-R1° e BHSE 8190-06, são as mais adequadas para a otimização de performance no bombeamento de poço profundo, e no quesito custo o modelo 8190-05-R1° apresentou-se como o mais viável para o estudo de caso. Conclui-se que a escolha correta da bomba para poços tubulares profundos, demanda de conhecimentos da geometria do reservatório e na definição das suas condições limites, bem como da avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos do aquífero.

Palavras-chave: Poço tubular profundo. Métodos de perfuração. Águas subterrâneas. Mineração. Bombeamento.

1 INTRODUÇÃO

A prática de perfuração da terra para produção de água é uma atividade milenar, sendo encontrada em estudos de historiadores em diversas civilizações pelo mundo, chineses, astecas, romanos e etc. Isto se dá, pois, a água é um dos bens mais preciosos e necessários à vida, e com isso, o homem buscou e busca com os anos desenvolver técnicas e práticas cada vez mais eficientes de obter água das mais diversas fontes. Sabe-se hoje que o consumo geral de água no mundo é de água doce. É estimado que 97,5% da água do planeta, não pode ser diretamente destinada ao consumo nem à irrigação. A água doce corresponde a somente 2,5%, dentre essas, as águas são encontradas nas geleiras (69%), aquíferos (30%) e rios (somente 1%) (ANA, 2018).

A utilização de águas nos setores industriais é um tema muito debatido, devido às indústrias consumirem uma quantidade significativa de água para o seu funcionamento. Cerca de 21% da água consumida no mundo é utilizada na indústria. Dentro dos 21% utilizados pela indústria, está a parte que é usada pela mineração, que tem uma demanda relativamente baixa, porém, nem sempre existe um manancial próximo a mina para se fazer a captação da água. Sendo assim, visto a enorme relevância do abastecimento de água, pode ser utilizado poços profundos, para captação desse recurso (IBRAM, 2015).

Diante das informações apresentadas, o presente artigo busca especificar uma bomba submersa, com o intuito de atender as demandas de bombeamento de uma unidade de mineração situada na região do Alto Paraopeba, considerando a outorga existente.

1.1 Problema de pesquisa

De que forma a otimização da performance do bombeamento de um poço profundo pode influenciar na análise do custo operacional de uma empresa mineradora?

1.2 Justificativa

O estudo apresenta uma breve compilação dos tipos de poços existentes e das técnicas de perfuração dos solos, trazendo assim um conteúdo técnico-científico para pesquisadores que necessitem de informação acerca do tema descrito.

Conforme destaca Alves (2016), existe uma lacuna na literatura científica relacionada à temática da água subterrânea, principalmente no que diz respeito ao seu aproveitamento, técnicas, normas e práticas.

1.3 Objetivos

- Objetivo geral

Especificar uma bomba submersa para atender as demandas de bombeamento em uma unidade de mineração da região do Alto Paraopeba, respeitando a outorga existente.

- Objetivos específicos

- Aumentar a eficiência do bombeamento de água;
- Pesquisar o equipamento que apresente o melhor custo operacional;
- Conhecer os parâmetros para aplicação de uma bomba submersa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO / REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção apresenta a fundamentação teórica, expõe os conceitos estudados e as principais teorias relacionadas à temática de estudo, indispensáveis para a compreensão do estudo ora apresentado.

2.1 Poços tubulares profundos

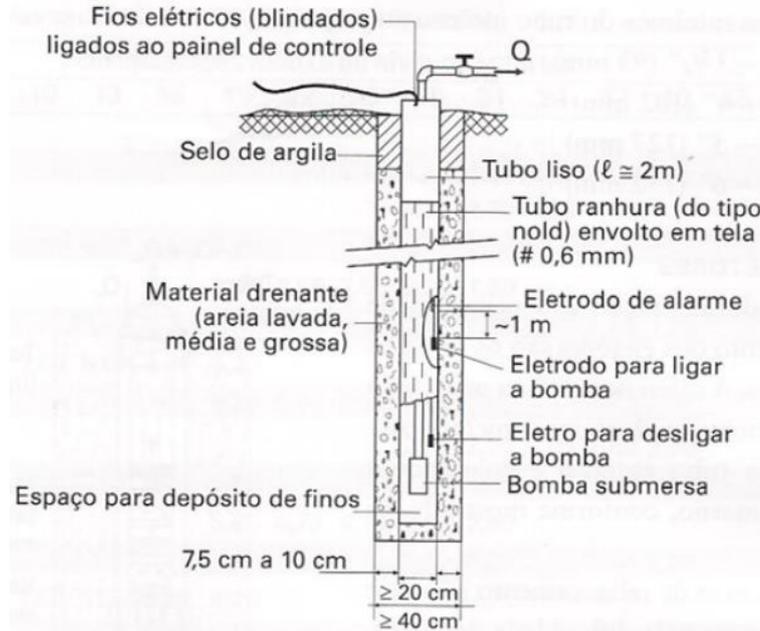
Poço tubular profundo é um método de acesso à água do lençol freático, executado por meio da perfuração vertical com diâmetro de 4 a 36 polegadas perfurado até 2000 metros, para captação do recurso (ABAS, 2016).

É necessário que o projeto seja elaborado por um especialista em poços, pois é imprescindível definir vários parâmetros e detalhes, como: diâmetro de perfuração, dimensionamento da bomba, profundidade a qual deve ser perfurado (AS, 2017).

Para um bom planejamento de um poço devem ser observados dois pontos: viabilidade econômica do empreendimento e a viabilidade técnica de captação do recurso hídrico subterrâneo. A execução de um poço de água deve ser realizada respeitando e consultando as normas NBR 12212/2017 e NBR 12244/2006, definidas pelas Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), bem como as bibliografias de autores que explanam sobre o assunto (SAG, 2007).

A Figura 1 mostra o esquema completo de um poço profundo.

Figura 1 – Seção esquemática de um poço com bombas submersa.



Fonte: Alonso (2007).

A seguir, são apresentados conceitos relevantes acerca de desenvolvimentos de poços, bombeamento, nível dinâmico, nível estático, vazão e rebaixamento. Tais temas, são de suma importância para o bom embasamento teórico da temática abordada neste estudo.

2.1.1 Desenvolvimento do poço

O desenvolvimento do poço tem por objetivo a limpeza, removendo os materiais mais finos da formação aquífera nas suas proximidades, aumentando a infiltração da água no poço. Em rochas consolidadas, o desenvolvimento atua expurgando e desobstruindo por onde circula a água. Assim a água tem a facilidade de adentrar, minimizando a perda de carga do aquífero para o poço. Essa etapa de desenvolvimento é indispensável para a operação do poço, e é composta pelo bombeamento, Nível Dinâmico (ND), Nível Estático (NE), Vazão (Q) e rebaixamento (CPRM, 1998).

De acordo com Saturnino *et al.* (2022), o bombeamento consiste na ação da retirada da água de um poço por intermédio de uma bomba. O ensaio de bombeamento destina-se a determinar a vazão de exploração do poço, utilizando-se o equipamento de bombeamento adequado para sua exploração, permitindo ainda a determinação dos parâmetros

hidrodinâmicos do aquífero e das perdas de carga no poço e no aquífero. Para tanto, são feitos os registros e controle da Q, NE e ND, durante um teste de produção ou de aquífero.

É por meio do bombeamento que a água do poço é extraída, este é feito por uma bomba vertical. De acordo com o teste de bombeamento é possível definir qual será o nível de exploração do poço. Assim é definido os parâmetros hidrodinâmicos do aquífero, e perdas de carga no poço tubular e aquífero. Para determinação da eficiência do poço, são coletadas informações de nível dinâmico, nível estático e vazão (CPRM, 1998).

O ND consiste no nível da água do poço, quando o mesmo estiver sendo bombeado, e relaciona-se com a vazão de água retirada e com o tempo decorrido desde o início do bombeamento (PACHECO; FAGUNDES; PASQUALETTO, 2004).

O nível estático (NE) é comumente definido como a posição (profundidade) do nível d'água de um poço em repouso, que é medida em relação à superfície do terreno, no local. A real posição do NE depende do tempo de recuperação do poço, após a parada da bomba, que por sua vez, trata-se da função da vazão extraída, do rebaixamento atingido e das características do aquífero (CPRM, 1998).

Desse modo, um nível d'água medido a um dado tempo após desligar a bomba pode ou não ser o NE real. Em poços de recuperação rápida e de curto período de bombeamento é provável que o NE seja atingido diariamente, o que não ocorre com os poços de recuperação lenta e longo bombeamento diário. Por esse motivo, é preciso distinguir o NE, que deve ser medido após um período suficientemente longo de descanso do poço e o nível inicial deve ser medido diariamente (JORBA, 2007).

A Q consiste na quantidade volumétrica ou mássica de um fluido que escoar por meio de uma seção de uma tubulação ou canal por unidade de tempo. A Q volumétrica é definida como a quantidade em volume que escoar através de certa seção em um intervalo de tempo considerado. As unidades volumétricas mais comuns são: m³ /s, m³ /h, l/h, l/min, GPM (galões por minuto), Nm³ /h (normal metro cúbico por hora), SCFH (normal pé cúbico por hora), entre outras. E a Q mássica pode ser definida como a quantidade em massa de um fluido que escoar por meio de certa seção em um intervalo de tempo a ser considerado. As unidades de medida de Q mássica comumente utilizadas são: kg/s, kg/h, t/h, lbs/h (SILVA, 2021).

E o rebaixamento segundo Freitas, Eckert e Caye (2001) representa a quantidade que o nível de água rebaixou no poço, durante o processo de bombeamento (diferença entre o nível estático e o dinâmico durante o bombeamento), e geralmente é medido em metros (m).

2.2 Características gerais dos poços tubulares

Ao perfurar um poço numa formação arenosa, com pedregulhos e outras formações não estabilizadas, o mesmo deverá ser sustentado por um revestimento ou filtro para que não ocorra seu desmoronamento ou fechamento do poço. Já quando um poço é feito numa formação de rocha consolidada, o orifício comumente é mantido em equilíbrio, assim, torna-se desnecessário a implementação de algum revestimento (CPRM, 1998).

Quando a perfuração for realizada em rochas cristalinas, devem ser seguidas as seguintes diretrizes: profundidade máxima de 80 metros; diâmetro mais frequente de 4 a 6 polegadas; perfurados com máquinas de percussão ou ar comprimido; dispensam revestimentos e filtros; devido à baixa vazão (média 2 a 5 m³/h), serve para abastecimento de casas, vilas e pequenas comunidades (OLIVEIRA, 2020).

Ao ser executado em rochas sedimentares, deve seguir as seguintes orientações: poços com profundidades variadas, podendo atingir mais de 1000 metros; diâmetro variável desde 4 a 22 polegadas; perfurados com máquinas de percussão ou rotação; exigem revestimentos e filtros; pequenas a grandes vazões (até 1.000 m³/h); destinado para abastecimento de casas, vilas, pequenas e grandes comunidades, minerações e até cidades populosas (RODRIGUES; CALIXTO, 2019).

2.3 Métodos de perfuração

Para correta execução do poço, deverá ser realizado um estudo geológico para avaliar a viabilidade técnica quanto a perfuração do poço tubular, este estudo deve ser feito por um geólogo e estar de acordo com a norma vigente. Os principais métodos de perfuração são: perfuração percussiva, perfuração a ar comprimido e perfuração rotativa (COELHO; BENATT, 2019).

O método de perfuração percussiva se define pela queda livre de um conjunto de ferramentas com determinado peso. Ao cair na rocha vai rompendo-a e ao mesmo tempo que cai, esse conjunto gira no seu próprio eixo, que corrobora na trituração do material e produz um furo circular. Este método é mais eficiente em condições geológicas de rochas consolidadas que são menos propícias a desmoronamento e aprisionamento do trépano e seu conjunto. Sugere-se o uso deste método em rochas consolidadas sem risco de desmoronamento. Esta recomendação também é feita em relação à profundidade e diâmetro do poço, sendo indicado não ultrapassar 200 m e 14 polegadas, evitando o desabamento das paredes (CRPM, 1998).

A perfuração a ar comprimido alia uma percussão de alta frequência e pequeno curso com uma rotação, que irá causar o furo circular e desagregar a rocha. Esse método tem basicamente o mesmo princípio da perfuração rotativa, com um conjunto que atinge a rocha triturando-a, no entanto, este conjunto é constituído de uma peça chamada martelo que se conecta à broca. O fluido utilizado nesta operação é o ar, que será injetado por dentro do conjunto no furo por meio de um compressor de alta potência, fazendo a limpeza do furo, impedindo o aprisionamento da broca, e permitindo a interrupção da perfuração. Este método é mais indicado para cenários de cristalino, uma rocha bem consolidada e que propicia pouco desmoronamento (CRPM, 1998).

E o método de perfuração rotativa ocorre utilizando um conjunto de hastes e brocas que gira em torno do seu próprio eixo impulsionado por uma mesa giratória. O furo é feito por esse movimento da broca que além de girar também exerce uma pressão de todo o seu conjunto sobre a rocha. Esta pressão é controlada pelo sistema de cabos e polias vinculados ao equipamento utilizado para sustentar toda a coluna de perfuração. Como nos outros métodos, neste também é necessário retirar os detritos do furo. Daí a injeção de um fluido que percorre o interior da coluna e é injetado pela broca no fundo do furo, ascendendo à superfície e carregando o "cavaco" da perfuração (LEONEZ, 2011).

3 MÉTODOS

Para o cálculo dos custos foi considerada a potência da bomba (kW/h) tendo como referência o catalogo de seleção de curvas e cabos, Ebara, multiplicada pelo tempo de operação (horas) autorizado pela outorga existente, multiplicado pelo valor do kW/h, fornecido pela companhia de energia elétrica CEMIG.

3.1 Caracterização e localização da empresa

A empresa mineradora onde o estudo foi realizado, encontra-se a uma distância de aproximadamente 100,4 km de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, e o seu acesso ocorre pela rodovia BR-356 e BR-040. A Figura 2 apresenta o mapa de localização da empresa mineradora em relação a Belo Horizonte.

Figura 2 – Localização da empresa



Fonte: Google Earth (2022).

3.2 Contextualização do objeto de estudo, coleta e análise de dados

Para o início do desenvolvimento deste artigo buscou-se informações sobre o cenário onde o poço está inserido e as premissas a serem respeitadas como: outorga do poço, horas de funcionamento, altura manométrica, e informações sobre a bomba de Marca Ebara BHSE 8190-05-R1°, (Figura 3).

Figura 3 – Cavalete de recalque do poço onde está instalada a bomba 8190-05-R1°



Fonte: dados da pesquisa (2023).

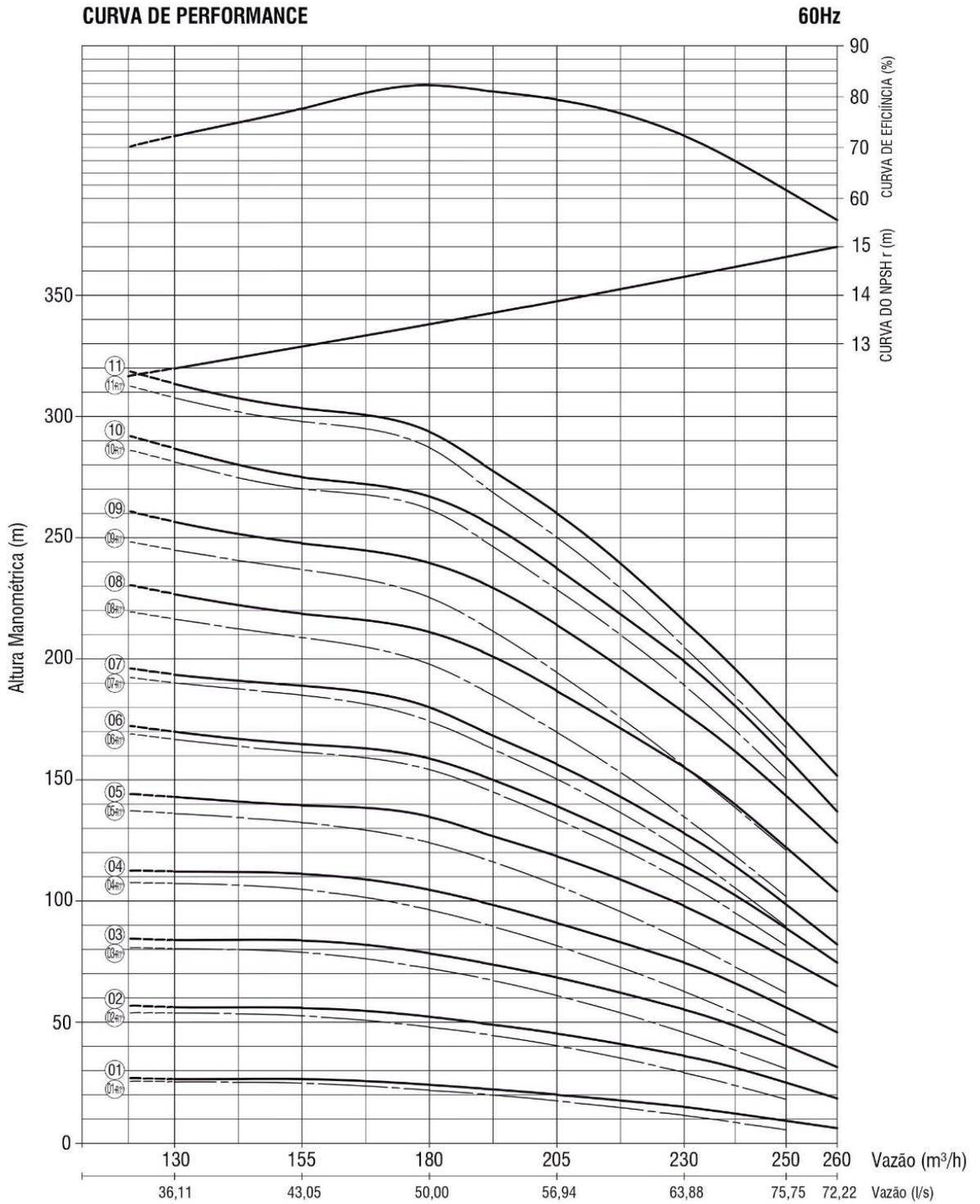
Após algumas reuniões junto a equipe de Hidrogeologia da empresa foram coletados os seguintes dados sobre as premissas a serem respeitadas: outorga do poço – 112,00 m³/h; tempo máximo de bombeamento – 20 horas; altura manométrica – 120 metros e diâmetro do poço – 8”. Posteriormente deu-se início à pesquisa técnica para se obter informações sobre as bombas disponíveis no mercado.

Feito a pesquisa encontrou-se somente um fornecedor deste tipo de bombas, onde em contato com a equipe de suprimentos os mesmos informaram que por se tratar de um equipamento bem específico nessa situação a empresa opta por trabalhar com somente um fornecedor devido a necessidade de uma eventual assistência. Em contato com a empresa EBARA, os mesmos forneceram os seus catálogos de bombas disponíveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De posse dos catálogos, analisou-se as curvas de performance das bombas disponíveis, e os modelos que melhor atenderam às premissas foram os 8190 para poços de 8” e 10”, como pode ser observado nas Figura 4.

Figura 4 – Curva de Performance Bombas Ebara 8190



Fonte: dados da pesquisa (2023).

Após a análise do gráfico (Figura 4), verificou-se na tabela de seleção de equipamentos (Figura 5), que as bombas BHSE 8190-05-R1^o e BHSE 8190-06, são as mais viáveis para a otimização de performance no bombeamento de poço tubular profundo.

Figura 5 – Tabela para seleção de equipamentos Modelo BHSE 8190

TABELA PARA SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Bomba Modelo	Nº Est	Potência		Motor Modelo	VAZÃO E ALTURA MANOMÉTRICA										m³/h	LM (mm)	LB (mm)	L (mm)	Massa (Kg)	D máx. (mm)		Ø POL NPT
		HP	kW		0	130	155	180	190	205	230	250	260	01 Proteção Cabo						02 Proteções Cabo		
BHSE 8190-01	01	25	18,64	M6G	34,4	26,6	26,6	24,2	22,6	20,2	15,1	9,1	6,1	m	1145	628	1773	136,9	189	192	5"	
	01-R1°				33,0	25,5	24,8	22,0	20,3	17,6	11,6	5,6	-									
BHSE 8190-02	02	50	37,29	M8	69,5	56,3	56,0	52,3	49,6	45,4	36,2	25,1	19,5		1128	808	1936	203,5	193	196		
	02-R1°				66,6	53,8	52,6	48,0	45,3	40,3	29,3	18,2	-									
BHSE 8190-03	03	70	52,20	M8S	103,1	84,0	83,8	78,5	74,6	68,5	55,3	40,3	32,8		1358	988	2346	260,0	193	196		
	03-R1°				98,8	80,4	78,9	72,2	68,2	61,0	45,7	30,8	-									
BHSE 8190-04	04	90	67,11	M8S	137,5	112,3	111,3	104,7	99,6	91,1	74,7	56,4	47,3		1358	1168	2526	273,5	193	196		
	04-R1°				131,7	107,3	104,9	96,4	90,9	81,6	62,7	44,4	-									
BHSE 8190-05	05	115	85,76	M8S	173,7	143,0	139,6	134,9	128,2	118,6	98,1	76,6	65,8		1485	1348	2833	320,0	193	196		
	05-R1°				166,4	136,2	132,5	124,1	117,7	106,5	83,5	62,0	-									
BHSE 8190-06	06	135	100,67	M8S	207,3	169,9	164,8	158,9	151,7	139,3	114,6	88,2	75,0		1575	1528	3103	352,5	193	196		
	06-R1°				204,0	166,8	161,6	154,3	146,8	133,8	107,9	81,6	-									
BHSE 8190-07	07	150	111,86	M10	242,5	193,6	188,9	180,0	170,3	156,6	128,1	97,2	81,8	1708	3283	366,1	193	196				
	07-R1°				238,6	190,1	185,0	174,3	164,8	150,4	120,4	89,5	-									
BHSE 8190-08	08	180	134,23	M10	281,6	226,8	218,7	212,5	203,0	186,9	155,3	122,4	105,9	1864	2008	3872	528,0	193	196			
	08-R1°				270,8	216,5	208,8	197,8	187,4	169,7	134,8	101,9	-									
BHSE 8190-09	09	200	149,14	M10	319,4	256,6	247,8	241,8	231,4	214,1	177,8	143,1	125,8	2188	4052	541,6	193	196				
	09-R1°				307,1	245,0	236,8	225,3	214,1	194,4	155,6	121,0	-									
BHSE 8190-10	10	225	167,78	M10	354,8	286,9	275,1	269,5	257,4	237,5	199,1	162,4	139,1	2368	4332	575,1	193	196				
	10-R1°				349,2	281,3	270,1	261,7	249,3	228,7	189,2	150,6	-									
BHSE 8190-11	11	245	182,70	M10	388,7	313,6	303,5	296,5	280,5	260,2	215,7	176,0	151,2	2548	4512	588,6	193	196				
	11-R1°				382,5	307,8	298,0	287,2	271,9	250,2	205,0	163,3	-									

Nota: Curva de eficiência da bomba BHSE 8190-05, para demais estágios consultar curva individual do equipamento.

Fonte: dados da pesquisa (2023).

Em seguida, foi feita uma pesquisa para saber o valor do kW/h gasto na utilização da bomba. Desse modo, a Figura 6, apresenta o valor do custo da energia, com base em dados fornecidos pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG).

Figura 6 – Valores de tarifas e serviços

A3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA - 69 KV	DEMANDA R\$/KW	BANDEIRA VERDE - CONSUMO R\$/KWH	BANDEIRA AMARELA - CONSUMO R\$/KWH	BANDEIRA VERMELHA 1 - CONSUMO R\$/KWH	BANDEIRA VERMELHA 2 - CONSUMO R\$/KWH	BANDEIRA ESCASSEZ HÍDRICA - CONSUMO R\$/KWH
Demanda Ponta	23,98	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Demanda Fora de Ponta	8,86	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Demanda Ultrap. Ponta	47,96	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Demanda Ultrap. F. Ponta	17,72	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Cons. Ponta	(*)	0,47205	0,50194	0,53705	0,57	0,61405
Cons. Fora Ponta	(*)	0,32443	0,35432	0,38943	0,42238	0,46643

Fonte: CEMIG (2023).

Com os dados obtidos na Figura 6, sobre o valor das tarifas e serviços, foi calculada a média do kW/h, que resultou no valor de R\$ 0,5390 reais. Assim, diante dos dados obtidos, elaborou-se uma planilha de custo operacional, em que foi feito o cálculo das horas de operação das bombas x a potência (Figura 5) x o valor da energia. O valor do custo da energia foi retirado da tabela da distribuidora de energia da região (CEMIG).

Desse modo foi possível determinar o total de energia gasto diariamente e anualmente nos dois modelos de bombas BHSE 8190-05-R1° e BHSE 8190-06, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação do custo diário e custo anual

MODELO DA BOMBA	HORAS DE TRABALHO/DIA	POTÊNCIA KW	VALOR MÉDIO KW/H	TOTAL DIA	TOTAL ANUAL
BHSE 8190-05-R1°	20	82,03	R\$0,5390	R\$ 884,28	R\$ 322.763,44
BHSE 8190-06	20	100,67	R\$0,5390	R\$ 1085,22	R\$ 396.106,25

Fonte: dados da pesquisa (2023).

Assim, conforme dados apresentados na Tabela 1, observa-se que o modelo de bomba BHSE 8190-05R1°, apresentou um custo diário de R\$884,28 e custo anual de R\$322.763,44 enquanto o modelo BHSE 8190-06, apresentou um custo diário de R\$1.085,22 e custo anual de

R\$396.106,25. Desse modo, o modelo de bomba BHSE 8190-05-R1° apresenta-se como o mais viável para o estudo de caso descrito neste trabalho.

Ao estudar a curva de performance para aplicação da bomba (Figura 3), foi possível selecionar a bomba que irá extrair o maior volume de água, respeitando o limite de bombeamento permitido (Vazão máxima– 112,00 m³/h; 20 horas/dia). Após realizar o comparativo dos valores finais, foi identificado uma diferença de R\$73.342,81 entre os dois modelos de bombas durante um período de um ano, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Diferença de custo anual bomba BHSE 8190-05-R1° x BHSE 8190-06

TOTAL ESTIMADO ANUAL BHSE 8190-05-R1°	TOTAL ESTIMADO ANUAL BHSE 8190-06	DIFERENÇA TOTAL ANUAL ENTRE AS BOMBAS
R\$322.763,44	R\$396.106,25	R\$73.342,81

Fonte: dados da pesquisa (2023).

Diante desses resultados, a bomba que melhor atende seria a BHSE 8190-05-R1°. Um outro fator para esta decisão é considerar o mal dimensionamento de várias bombas como são utilizadas no rebaixamento de lençol freático na mineração, ao final de um ano de trabalho poderíamos chegar a um custo desnecessário por mal dimensionamento.

Outro ponto importante observado no decorrer desta pesquisa é a importância de se atentar com a forma construtiva de uma bomba, em que devido a variação na construção dos rotores podem trazer uma melhor performance e um melhor desempenho energético.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha dos modelos de bombas de água apresentadas neste estudo (8190 para poços de 8” e 10”), foi orientada pelo tipo de poço e suas dimensões, sendo as bombas BHSE 8190-05-R1° e BHSE 8190-06, as mais viáveis para a otimização de performance no bombeamento de poço tubular profundo.

Desse modo, ao analisar o custo de cada uma das bombas, a bomba BHSE 8190-05-R1°, apresentou um custo diário de R\$884,28 e custo anual de R\$322.763,44, e o modelo BHSE 8190-06, apontou um custo diário de R\$1.085,22 e anual de R\$396.106,25, com uma diferença de custo anual de R\$ 73.342,81. Sendo, desse modo a bomba BHSE 8190-05-R1° o modelo mais viável para o estudo de caso, gerando uma economia anual de 18,5%, quando comparado com a BHSE 8190-06.

Conclui-se com este estudo que apesar da captação de água ser uma temática vital tanto para o homem quanto para as empresas, ainda é um tema pouco abordado na literatura, faltando materiais técnico-científicos que tratem do assunto. Observa-se assim, a necessidade de produzir mais trabalhos que discutam e compartilhem experiências e informações sobre os métodos de perfuração de poços e dos tipos de bombas e especificações técnicas que devem ser seguidas nesse processo.

REFERÊNCIAS

- ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Poços para captação de água**. 2016. Disponível em: <https://www.abas.org/pocos-para-captacao-de-agua/>. Acesso em: 06 abr. 2023.
- ALVES, Daniel Araújo - **Modelo conceitual de projeto para completção de poços tubulares profundos na região de Camaçari**. Universidade Federal da Bahia- 2016
- ALONSO – Urbano Rodriguez. **Rebaixamento Temporário de Aquíferos**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.
- ANA – Agência Nacional das Águas. **Água no mundo**. 2018. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- AS - Geotecnia, Meio Ambiente e Poços Artesianos. **Poço tubular profundo**. 2017. Disponível em: <http://www.asgeo.com.br/poco-tubular-profundo.html>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- CEMIG. **Valores de tarifas e serviços**. 2023. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>. Acesso em: 25 maio 2023.
- COELHO, Guilherme Aguiar; BENATTI, Claudia Telles. Análise da viabilidade econômico-financeira de poços tubulares em condomínios residenciais na Cidade de Maringá-PR. **Engenharia no Século XXI Volume 13**, p. 8 - 19, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Poliana-Silva-3/publication/342500705_ESEC13/links/5ef75682299bf18816ea8b3b/ESEC13.pdf#page=8. Acesso em: 11 jun. 2023.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Noções Básicas sobre Poços Tubulares**. 1998. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/16636/1/Nocoos_Basicas_Pocos_Tubulares.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.
- FREITAS, Marcos Alexandre de; ECKERT, Roque Mauro; CAYE, Bráulio Robério. **Captações de água subterrânea no oeste do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: CPRM/SDM/EPAGRI, 2001.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Água e mineração: fatos e verdades**. 2015. Disponível em: http://www.ibram.org.br/150/15001002.asp?tt_CD_CHAVE=241456. Acesso em: 20 mar. 2023.
- LEONEZ, Ronnifran Cabral de Lima. **Métodos de elevação utilizados na engenharia de petróleo: uma revisão de literatura**. 2011. 73 f. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi – Árido – UFERSA, Angicos, 2011.
- OLIVEIRA, Matheus Serri Moulin de. **Modelo de recarga e circulação da água**

subterrânea utilizando dados hidroquímicos e isotópicos de ^{18}O , ^2H e ^3H em rochas cristalinas do sul do estado do Espírito Santo. 2020. 86F. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/34433/1/Dissertacao_hdr_bhri_matheus_serri_vF%20%28corrigida%29.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

PACHECO, Yuri de Novais; FAGUNDES, Priscila Macêdo Costa; PASQUALETTO, Antônio. Poços e nível do lençol freático no setor oeste, Goiânia, GO. **Revista PUC Goiás**, p. 1-20, 2004. Disponível em: <https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/7074/material/PO%C3%87OS%20E%20O%20N%C3%8DVVEL%20DO%20LEN%C3%87OL%20FRE%C3%81TICO%20NO%20SETOR%20OESTE,%20GOI%C3%82NIA-GO.pdf>. Acesso em: 28 maio 2023.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2ª Edição. Rio Grande do Sul: Editora Feevale, 2013.

RODRIGUES, Vítor Gama; CALIXTO, Fernanda Silva. Geomecânica e perfuração em formações Salinas. In: **Petróleo e outros combustíveis** – v. 2/ Org.: Davilson Eduardo Andrade. Belo Horizonte: Poisson, 2019.

SAG - Sistema Aquífero Guarani. **Manual de Perfuração de Poços Tubulares para Investigação e Captação de Água Subterrânea no Sistema Aquífero Guarani.** Primeira edição. Projeto de Proteção Ambiental, Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani: Montevideo, 2007, 176 p.

SATURNINO, Allin dos Santos; OLIVEIRA, Leonardo dos Santos; ALMEIDA, Marcus Vinicius Cerqueira de; CONCEIÇÃO, Tiago de Jesus. **Sistema bombeamento movido a energia eólica: praticidade e economia na captação de água.** 2022. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Técnico em Eletromecânica, Campus Santo Amaro, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Santo Amaro/BA, 2022.

SILVA, Eduardo Pacheco. **Desenvolvimento de medidor de vazão para escoamento multifásico água-ar.** 2021. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Química) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/235701/001135644.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 jun. 2023.