



# ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04  
de dezembro 2020

## Análise do Projeto Hidráulico e Condições de Bombeamento para um Sistema Auxiliar de Abastecimento de Água da Chuva

Tiago Senem

Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade da Região de Joinville (Univille)

Diego Alves de Miranda

Departamento de Engenharia Mecânica – Universidade da Região de Joinville (Univille)

**Resumo:** O dimensionamento detalhado do equipamento hidráulico de bombeamento de água armazenada da chuva para setores específicos da indústria, sugere a análise da vazão do equipamento em relação a necessidade de utilização específica de cada empresa, perda de carga gerada por toda a rede de distribuição tanto de sucção quanto a de recalque e a verificação dos riscos de cavitação do equipamento não aplicável ao processo de bombeamento do sistema. Considerando estes aspectos, este trabalho estabelece um estudo em relação as aplicações quantitativas para determinar segundo sistemas comerciais qual a bomba centrífuga se adequa ao sistema. Em relação ao processo de seleção do equipamento, consultado nas três empresas Dancor, Schneider e ABS Sulzer ambas com grande credibilidade no seguimento produtivo de motobombas, sugerimos em relação aos aspectos do projeto e ao de maior viabilidade financeira a aplicação do equipamento do modelo BCR-2010 da família Franklin Electric/Schneider. O dimensionamento detalhado de todas as variáveis que podem evitar riscos ao projeto na instalação da bomba centrífuga em relação a altura manométrica e defeitos de cavitação, contribuindo a redução de falha, atrasos e prejuízos financeiros.

**Palavras-chave:** Bomba centrífuga; Perda de carga; Cavitação; Precipitação de chuva.

## Analysis of Hydraulic Design and Pumping Conditions for an Auxiliary Rainwater Supply System

**Abstract:** The detailed sizing of the hydraulic equipment for pumping stored rainwater for specific sectors of the industry, suggests the analysis of the flow of the equipment in relation to the specific use need of each company, pressure loss generated by the entire distribution network, both suction as for the repression and the verification of the equipment cavitation risks not applicable to the system pumping process. Considering these aspects, this work establishes a study in relation to quantitative applications to determine, according to commercial systems, which centrifugal pump is suitable for the system. Regarding the equipment selection process, consulted in the three companies Dancor, Schneider and ABS Sulzer, both of which have great credibility in the productive follow-up of motor pumps, we suggest in relation to the project aspects and the most financially viable application of the BCR- 2010 from the Franklin Electric / Schneider family. Detailed sizing of all variables that can avoid risks to the project in the installation of the centrifugal pump in relation to head and cavitation defects, contributing to the reduction of failure, delays and financial losses.

**Keywords:** Centrifugal pump; Cargo loss; Cavitation; Rainfall

## 1. Introdução

A utilização das bombas centrífugas é de ampla aplicação, geralmente projetadas a bombeamento de água limpa, mas o uso se estende a mineração, indústrias, agricultura e urbanização. Conforme Mancintyre (2010), em locais com recursos escassos de água potável superficial se aplica o bombeamento de poços subterrâneos utilizando diferentes modelos de bombas centrífugas variando de acordo com os níveis de profundidades da perfuração no solo. Outra aplicação apontada por Davis (2017), diz respeito ao transporte de lodo em locais de mineração com concentração sólida superior a 3% emprega-se bombas centrífugas de cavidades progressivas, diafrágmicas e peristálticas para transportar estes resíduos com comportamento não-newtoniano. Conforme Veról *et al.* (2019) o abastecimento predial de água se caracterizando pelo sistema direto, indireto, indireto hropneumático e sistema misto, ambos em comum pelo emprego do sistema de bombeamento tanto da água diretamente recebida pela rede de abastecimento ou armazenada em reservatórios para a distribuição aos locais destinados.

Jaques (2005), Santana (2012), e Goldenfum (2015), afirmam que o uso da água da chuva armazenada em cisternas auxilia no abastecimento e gera significativamente uma redução de custos com a utilização de água potável, abastecendo descargas de vasos sanitários, lavagens de carros, irrigação de jardins e abastecimento de locais onde não há necessidade de um tratamento adequado para o consumo. Estes procedimentos que necessitam da aplicação do sistema de bombeamento, sendo o mesmo indispensável o dimensionamento para evitar riscos no projeto. Segundo Netto e Fernández (2015) e Macintyre (2010), efeitos causados pela capacidade requerida do equipamento ser superior com a sucção disponível do sistema gerando riscos de cavitação, afetando componentes internos das bombas centrífugas (rotor, carcaça, válvula, etc.) em um processo de inplusão.

Filho (2015), afirma que a instalação do equipamento de bombeamento tanto na tubulação de sucção como na de recalque deve-se ter válvulas de bloqueio no fluxo do fluido, essenciais na manutenção da tubulação e propriamente na bomba centrífuga evitando a mesma ter problemas na partida no seu acionamento e aplicação de sistemas de proteção (filtros), antes da tubulação de sucção evitando a entrada de pequenas partículas no equipamento. Conforme Fox *et al.* (2018), a perda de carga dos equipamentos de bombeamento sofrem grandes interferências na altura de elevação do fluido devido a gravidade do que propriamente perdas de cargas por conexões ou atrito do material da tubulação, interferindo na capacidade real da bomba, efeito que pode ser solucionado com a diminuição da vazão do equipamento operando com baixas velocidades.

Dentre deste contexto, este trabalho propõe aplicar um dimensionamento do equipamento de bombeamento de água da chuva armazenada em cisternas, nos setores específicos, em que os mesmos não necessitam de um tratamento para o consumo. Desta forma a principal finalidade gerada está voltada no auxílio do abastecimento, na qual a metodologia de dimensionamento da cisterna está relacionando ao nível de precipitação de chuva acumulada, dimensionamento do equipamento de bombeamento, analisando a perda de carga, vazão, altura manométrica e riscos de cavitação.

Com posse dos resultados obtidos, em conjunto a consulta em catálogos de empresas fabricantes de motobombas, foi possível verificar qual o equipamento era o mais vantajoso aos sistemas em relações financeiras, rendimento, desempenho e não ocorrer riscos de cavitação no funcionamento.

## 2. Metodologia

O presente desse capítulo abordará a apresentação da problemática, bem como as ferramentas e métodos utilizadas no dimensionamento. Sendo que o primeiro passo

realizado foi a abordagem de dados para o desenvolvimento dos cálculos e análise da necessidade gerada para empresa na utilização do recurso de abastecimento de água nos setores específicos de estudo.

## 2.1 Problemática

Este estudo de artigo está baseado na necessidade de uma empresa do setor de confecções de componentes em fibra de vidro em determinar uma nova fonte auxiliar de abastecimento de água em setores específicos substitua o uso de água potável por água armazenada da chuva e através das análises quantitativas será determinado qual o melhor equipamento de bombeamento de fluido pode ser aplicado para o projeto. A Tabela 1 demonstra os dados computados em relação ao consumo de água potável a cada variável consumidora analisada dentro da empresa.

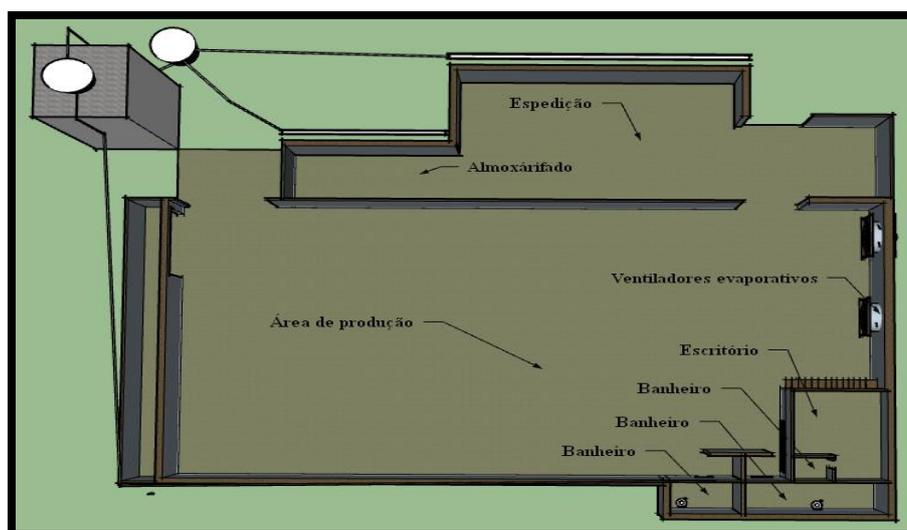
**Tabela 1 - Consume de água potável nos setores de estudo da empresa.**

Tipo de variáveis	Capacidade	Quantidades	Consumo dia (L)	Consumo mês (L)
Colaboradores	3 x dia	50	1350	27000
Tanque pequeno	1000 l/h	1 no mês		1000
Tanque grande	2000 l/h	4 no mês		8000
Ventilador de Clim.	50 l/h	2 unidades	880	17600
Total			2230	53600

Fonte: Primária (2020).

Em relação a Tabela 1 é possível identificar o grau de consumo dos setores em análise no estudo com os respectivos dados de uso da água potável diário e mensal. A Figura 1 representa a planta da empresa, com destaque a localização dos banheiros e ventiladores evaporativos, sendo os principais causadores no uso de água potável em seu funcionamento

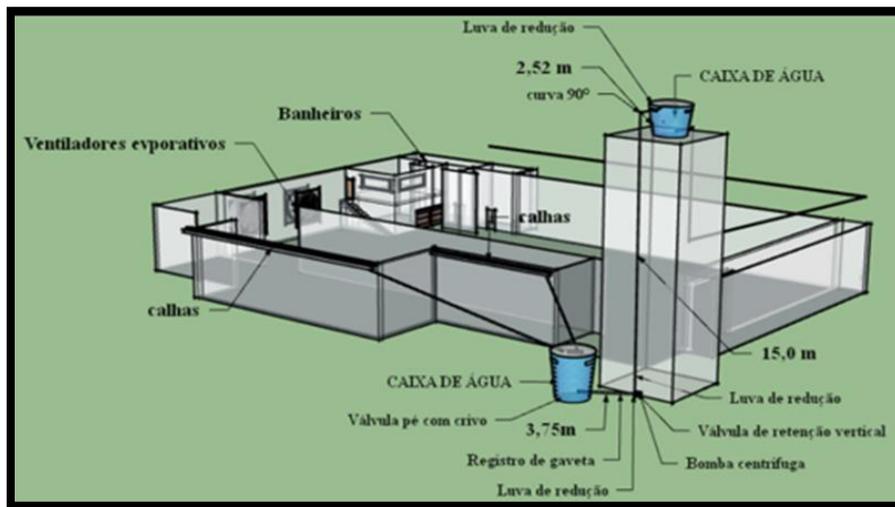
**Figura 1 – Vista superior da empresa e localização dos pontos de consumo.**



Fonte: Primária (2020).

A Fig. 1 demonstra a visão superior da empresa e localização dos pontos de consumidores método realizado com auxílio da ferramenta CAD SketchUp. A Figura 2 emprega uma visão panorâmica do sistema de captação de água de chuva.

**Figura 2 - Sistema completo de captação e distribuição de água chuva.**



Fonte: Primária (2020).

Conforme a Fig. 2, pode-se identificar as medidas necessárias para aplicação das equações e registrado as principais conexões de perdas de carga do sistema, com isso a confecção dos parâmetros relacionados a Tabela 2 se torna mais ágil e realista a aplicação na empresa.

**Tabela 2- Parâmetros para seleção da bomba centrífuga.**

Vazão requerida (Q)	Altura de recalque (Hr)	Altura de sucção (Hs)	Comprimento de sucção (Ls)	Comprimento de recalque (Lr)
2,5 m³/h	15 m.c.a	0 m.c.a	3,75 m	17, 52 m

Fonte: Primária (2020).

De acordo com a Tabela 2, a mensuração da vazão requerida está associada a caixa de água existente na empresa de 5000 litros e de acordo com Macintyre (2010, p.30), as indústrias em um intervalo de 24 horas devem operar em dois ciclos de 2 horas cada. Já as medidas de recalque e sucção do sistema está embasado nas medidas físicas da estrutura da empresa e registrado no desenho em CAD.

## 2.2 Análise inicial climática

Macintyre (2010, p. 209), destaca-se que se deve determinar os períodos críticos de precipitação de chuva, sendo o momento de maior índice de volume de chuva na região. Com o uso de dados do Instituto nacional de meteorologia (INMEP), órgão público responsável pela medição meteorológica nacional, pode-se gerar uma média em relação ao nível mensal de chuva acumulada nos últimos cinco anos e de acordo com o (Site Weather Spark) pode-se classificar a distribuição de chuva nos períodos de acúmulos de chuva e períodos de escassez. A média de acúmulo de chuva mensal ( $\bar{m}$ ) dos últimos cinco anos e desvio padrão são obtidos com as Equações 1 e 2 respectivamente.

$$\bar{m} = \frac{(I_1 + I_2 + I_3 \dots + I_n)}{n} \quad (1)$$

Onde que  $\bar{m}$  é a média mensal de acumulo de chuva dos ultimos cinco anos em (mm),  $I_n$  é a indicações mensais de acumulo de chuva (mm) e (n) é o número de amostras ou indicações em análise.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(I-\bar{m})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Em que  $\sigma$  desvio padrão em (mm), e raiz quadra do somatório das indicações mensais subtrído pela média doacumulo de chuva nos ultimos cinco anos e a razão do número de amostras menos um.

### 2.3 Método para dimensionamento da cisterna.

Conforme Oliveira et al (2012. p 28), a Equação 3 determina-se o volume da cisterna inferior para a armazenagem de água de chuva.

$$V_c = (V_d \times N_{\text{dias}}) + 10 \% \quad (3)$$

Deve-se levar em conta o volume de água  $V_d$  (L) utilizadas diariamente pela empresa considerando um fator de correção relacionado a evaporação da água armazenada de 10%. A dimensão da área de telhado para capitação de chuva é determinada com a Equação 4.

$$A = \frac{V_c}{P_c} \times C \quad (4)$$

Com a aplicação da Equação 4 a demanda de água chuva que deve ser armazenada na cisterna é relacionada a área de capitação do telhado,  $A$  ( $m^2$ ), diretamente proporcional ao índice de precipitação de chuva ( $P_c$ ) e o volume da cisterna ( $V_c$ ). Segundo Oliveira et al (2012. p.30), a área calculada deve-se ser multiplicada por um fator de correção, devido nem toda a água ser aproveitada tendo perdas de filtragens, respingos e evaporação, dessa forma o coeficiente de Runoff ( $C$ ) deve-se utilizar de 1,15 para correção da área de capitação.

### 2.4 Dimensionamento da bomba centrifuga

Em relação ao estudo de Fox et al (2018), a vazão volumétrica ( $Q_v$ ) pode ser obtida com a Equação 5.

$$Q_v = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (5)$$

Em que  $\Delta v$  é a variação do volume ( $m^3$ ) e  $\Delta t$  é o intervalo de tempo de escoamento (h). Macintyre (2010. p 36) propões a Equação 6 derivada da fórmula de Forscheimmer para estipular a medida do diâmetro da tubulação de recalque  $d$  (mm).

$$d = \sqrt[4]{\frac{X}{24}} \cdot 1,3 \sqrt{Q_r} \quad (6)$$

Operação que leva em conta o período de completo de funcionamento da bomba centrifuga em 24 horas  $X$  e a vazão do sistema  $Q_r$  ( $m^3/s$ ). O dimensionamento da perda de carga por comprimento de tubulação entre ponto de capitação e ponto de descarga é gerada pela Equação 7.

$$JL = L_s + L_r \quad (7)$$

Em relação aos dados da Equação 7, conta-se na Tabela 1, relacionando as medidas exatas de comprimento de tubulação de sucção e recalque. A Tabela 3 relaciona o tipo de perda de carga por conexões existentes no sistema demonstrados na Figura 1.

**Tabela 3 – Perdas de carga por conexões.**

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Perda de carga</b>	<b>Perda total</b>
Válvula pé com crivo	1	13,3	13,3
União	5	0,1	0,5
Registro de gaveta	1	0,3	0,3
Curva de 90°	1	0,6	0,6
Válvula de retenção (Vertical)	1	3,2	3,2
Luva de retenção	3	0,2	0,6

**Fonte: Primária (2020).**

As conexões a serem utilizadas estão dispostas na Tabela 3, juntamente o valor considerado para perda de carga por unidade. Os fatores de perda de carga em conexões foram obtidos através de consulta ao catálogo da empresa no (Franklin Eletric/Schneider) fabricante de motobombas. Com a utilização da Equação 8 determinamos as perdas de cargas por conexões no sistema de tubulação JC.

$$JC = JC1 + JC2 + JC3 \dots Jcn \quad (8)$$

Em relação a Equação 8 cada dado de perda carga por conexões específicas do sistema está listado na Tabela 3. A perda de carga total do sistema de bombeamento de água de chuva JT em (m.c.a) é descrita na Equação 9.

$$JT = (JC + JL) * Fj \quad (9)$$

De acordo com a Equação 9 a perda de carga total JT fator em (m.c.a) é gerada com o somatório das percas de carga de comprimento da tubulação e perdas de carga por conexões do sistema e multiplicada pelo fator de perca de carga percentual Fj. Com a Equação 10 torna-se possível determinar a altura manométrica total do sistema AMT, valor necessário para indicar qual bomba centrífuga será empregada no processo analisando o catálogo da Schneider.

$$AMT = Hs + Hr + JT \quad (10)$$

Para determinarmos a altura manométrica do sistema, foi realizado o somatório da altura estática de sucção, altura estática de recalque e a perda de carga total do sistema, podendo assim determinar a altura manométrica do sistema conforme a Equação 8. Segundo Macintyre (2010, p 43), o NPSH requerido deve ser inferior ao NPSH disponível. O cálculo do NPSH disponível está demonstrado na Equação 11.

$$NPSHdis = Hb - (hs + Jts + Hx) \quad (11)$$

Onde Hb é pressão atmosférica sendo determinado pela Tabela 4, Hx é pressão de vapor da água sendo determinado pela Tabela 5, hs é a altura de sucção e Jts é a perda de carga total na sucção.

**Tabela 4 – Pressão atmosférica em uma determinada altitude.**

<b>Altitude em relação ao nível do mar</b>	<b>0</b>	<b>150</b>	<b>300</b>	<b>450</b>	<b>600</b>	<b>750</b>	<b>1000</b>	<b>1250</b>	<b>1500</b>	<b>2000</b>
<b>Pressão atm. (m.c.a)</b>	10,33	10.16	9,98	9,79	9,58	9,35	9,12	8,83	8,64	8,08

**Fonte: Adaptada de Schneider (2020).**

**Tabela 5 – Pressão de vapor de água em determina temperatura.**

Temperatura da água (°C)	0	4	10	20	30	40	50	60	80	100
Pressão de vapor da água (m.c.a)	0,062	0,083	0,125	0,239	0,433	0,753	1,258	2,033	4,831	10,33

Fonte: Adaptada de Schneider (2020).

Com consulta em catálogos da fabricante Schneider pode-se identificar características padrão das bombas analisadas na Tabela 4 e Tabela 5.

### 3. Resultados e Discussão

Neste capítulo será abordado a discussão sobre os resultados deste trabalho, os próximos subcapítulos descrevem os resultados obtidos com a resolução das equações dispostas na metodologia.

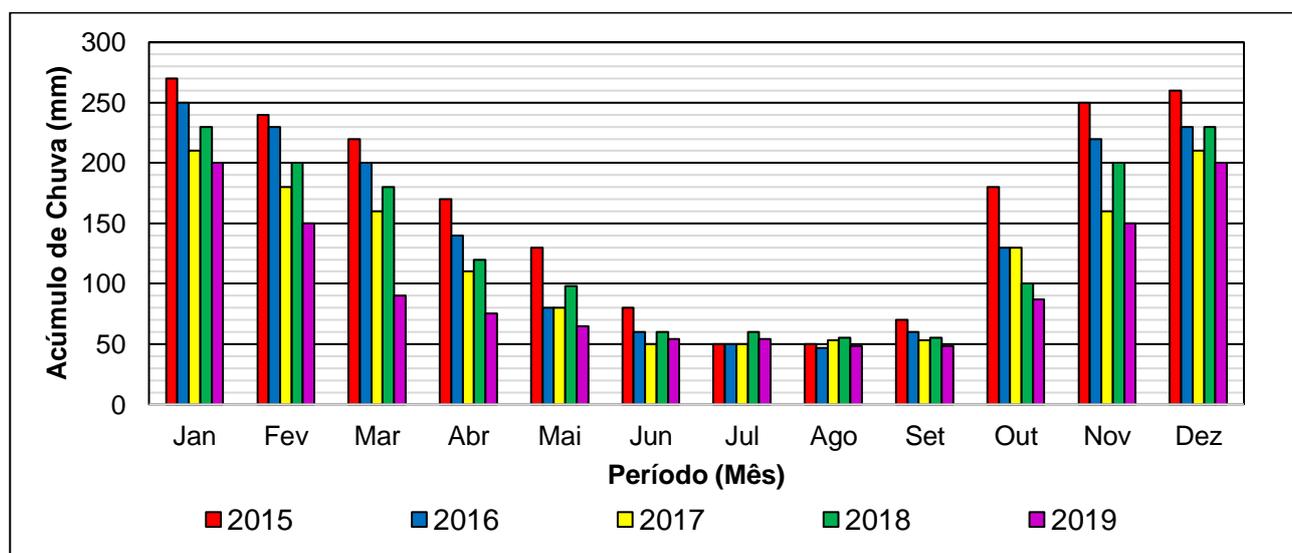
#### 3.1 Análise do problema

De acordo com a Tabela 1 se os principais pontos consumidores de água potável (uso da descarga e ventiladores evaporativos) fossem sanados com o uso da cisterna, a redução percentual do consumo de água potável seria de aproximadamente 32,84% e 50,37% respectivamente, se ambos forem sanados o consumo obtido será de 83,21%.

##### 3.1.1 Condições meteorológicas

Para o reconhecimento dos períodos de precipitação de chuva distribuídos anualmente em Rio Negrinho foi desenvolvido uma análise dos últimos cinco anos para a análise do período crítico. A Figura 3 representa os níveis de chuva acumuladas no município de Rio Negrinho e os dados de precipitação nos últimos cinco anos estão dispostos na Tabela 6.

**Figura 3 – Índice de precipitação de chuva na região de Rio Negrinho.**



Fonte: Adaptada de Weather Spark (2020).

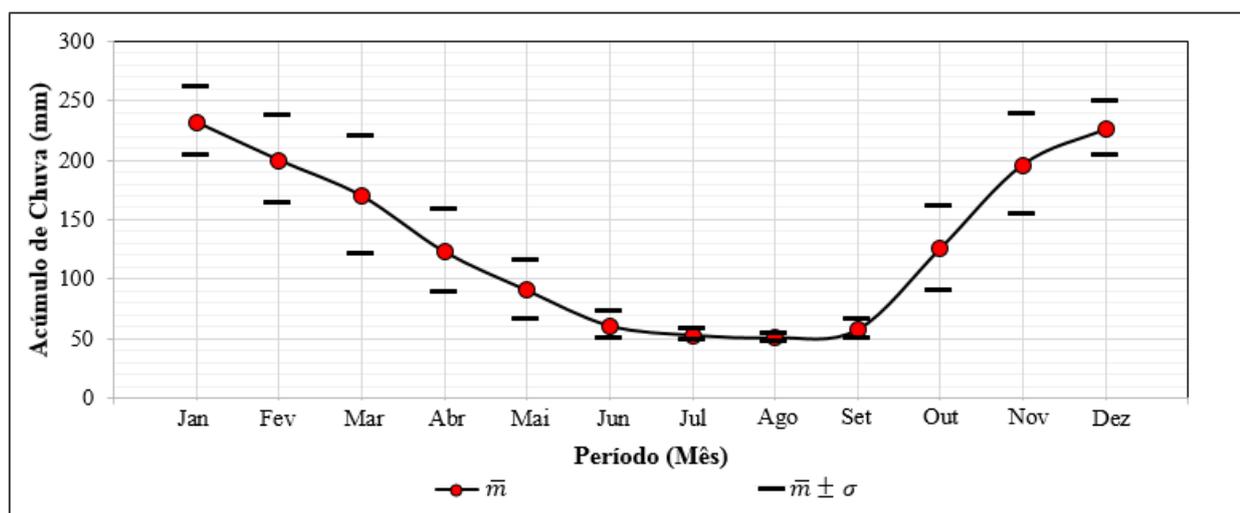
**Tabela 6 – Média e desvio padrão do acumulo de chuva nos últimos cinco anos.**

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
$\bar{m}$ (mm)	232	200	170	123,12	90,56	60,8	52,8	50,72	57,32	125,4	196	226
$\pm\sigma$ (mm)	28,635	36,742	50	35,080	24,987	11,541	4,381	3,254	8,186	35,858	41,593	23,021

Fonte: Primária, (2020).

A Fig. 3 relaciona os dados trabalhados em relação aos *sites* da (INMEP) e Weather Spark, verifica-se na distribuição gráfica que a região é provido de acumulo de chuva anualmente bem distribuídas, aplicando a Eq. 1 determinamos a média mensal dos últimos cinco anos entre 2019 à 2015 em relação a cada respectivo mês chegando a uma média de 132 (mm). Já em relação aos doze meses e com a Eq. 2 foi possível estipular o desvio padrão para cada mês nos intervalos de cinco anos, ambos valores indicados na Tabela 6 com os maiores desvios nos meses de novembro a março e com pequenos intervalos de junho a setembro em relação as médias de cada mês. Com a Figura 4, pode-se determinar a variação de acúmulos de chuva em relação aos pontos médios de cada mês.

**Figura 4 – Variação de acúmulos de chuva no município de Rio Negrinho.**



Fonte: Primária (2020).

Em relação a Fig. 4 pode-se verificar o comportamento do acumulo de chuva nos últimos cinco anos, dessa forma os períodos de junho, julho e agosto são os meses de menores médias de acúmulos de chuva e com desvios padrões de pequenos intervalos, proporcionando período de escassez na região.

### 3.1.2 Análise do volume de captação

Utilizando as Eq. 3 e 4 juntamente com os dados da Tabela 1 que relaciona a vazão de água potável pela empresa e com o valor da precipitação média de chuva na região de Rio Negrinho valor mensurado na análise do Tabela 6, pode-se chegar ao volume da cisterna de 22300 (L) e área de telhado para captação de água de chuva de 194 m<sup>2</sup>.

### 3.1.3 Dimensionamento da instalação e fornecimento da bomba centrífuga

Empregando as Eq. 5 e 6 e o dado da vazão requerida na Tabela 2, foi obtido o diâmetro mínimo de recalque da tubulação de 21,88 mm para fins de aplicação deve-se utilizar sistemas padrões aos comerciais então será aplica diâmetro de 1" no sistema.

Analisando a vazão requerida com o diâmetro comercial é possível determinar a perda de carga percentual de 6%. De acordo com a Tabela 7 torna-se possível verificara as perdas de carga no sistema de sucção e recalque.

**Tabela 7 – Perda de carga do sistema de sucção e recalque e altura manométrica.**

P.C.C (m.c.a)	P.C.N (m.c.a)	P.C.T (m.c.a)	Altura manométrica (m.c.a)
21,27	18,5	2,3862	17,3862

**Fonte: Primária (2020).**

Com forme a Tabela 7 a perda de carga do sistema por comprimento de tubulação (P.C.C) e conexões (P.C.N) foi obtido com análise as Tabelas 2 e 3 e com aplicação das Eq. 7 e 8 obteve-se valores de 21,27 (m.c.a) e 18,5 (m.c.a) respectivamente, com uso da Eq. 9 pode-se determinar a perda de carga total (P.C.T) de 2,3862 (m.c.a). Com a aplicação da Eq.10 e consulta da altura estática de sucção e recalque da Tabela 2, foi obtido a altura manométrica do sistema de 17,3862 (m.c.a).

### 3.1.4 Seleção da bomba centrífuga

Com o resultado obtidos é possível consultar catálogos de empresas fabricantes de bombas analisando quais atendem a estas exigências, esta consulta foi realizada no catálogo da empresa Franklin/Schneider Ltda. Segundo os catálogos visualizados, a Tabela 8 e 9 demonstra as bombas para análise de uso no projeto.

**Tabela 8 – Ficha técnica das motobombas Schneider.**

Fabricante	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	BCR-2010	BC – 91 S	BC – 92 S 1A
Vazão a 18 (m.c.a)	2,7 m <sup>3</sup> /h	4,5 m <sup>3</sup> /h	5,5 m <sup>3</sup> /h
Diâmetro do rotor (mm)	128	111	123
Potência (CV)	0,5	0,5	0,75
Tensão (V)	127	254	127/254
Nº de estágios	1	1	1
Rendimento (BEP) %	33,60	41,90	38,80
NPSH requerido (m.c.a)	0,8	1,7	0,8
Rotação (rpm)	3600	3500	3500
AMT máxima (m.c.a)	24	20	24
Frequência (Hz)	60	60	60
Valor de mercado R\$	570,00	1000,00	1100,00
Temperatura de trabalho (°C)	55	70	70

**Fonte: Adaptada de Schneider (2020).**

**Tabela 9 – Ficha técnica das motobombas ABS Sulzer e Dancor.**

Fabricante	ABS Sulzer	ABS Sulzer	Dancor	Dancor
Modelo	AS - 0530	AS – 0631	AP – 2R	CP – 4C CP – 4R
Vazão a 18 (m.c.a)	5 m <sup>3</sup> /h	10 m <sup>3</sup> /h	3,4 m <sup>3</sup> /h	3,3 m <sup>3</sup> /h
D do rotor (mm)	142	151	110	110
Potência (CV)	2,4	3,9	1/2	1/2
Tensão (V)	Monofásico 220-240	Monofásico 400	Monofásico 110 – 127 220 – 254 Trifásico 220 - 380	Monofásico 110 – 127 220 – 254 Trifásico 220 - 380
Nº de estágios	2	2	2	2
NPSH R. (m.c.a)	xx	Xx	0,4	0,47
Rotação (rpm)	2900	1450	3500	3500
AMT máx. (m.c.a)	20	27	34	23
Frequência (Hz)	60	60	60	60
Valor de mercado R\$	3000,00	4000,00	600,00	700,00
Temp. de trabalho (°C)	40	40	80	80

Fonte: Adaptada de ABS Sulzer e Dancor (2020).

Em relação a Tabela 8 e 9 a seleção mais atrativa se relaciona ao modelo BCR-2010, mas além do aspecto financeiro deve-se ser levado em conta o risco de cavitação que o equipamento oferece a instalação, os valores estão dispostos em virtude a análise em diferentes sites de vendas de equipamentos hidráulicos.

### 3.1.5 Análise de cavitação

Conforme a Eq. 11 é possível verificar o NPSH disponível no sistema, este valor varia muito dependendo do local em que será instalado bem como a temperatura do fluido que será bombeado, valores listados na Tabela 10.

**Tabela 10 – Dados para determinar o NPSH disponível.**

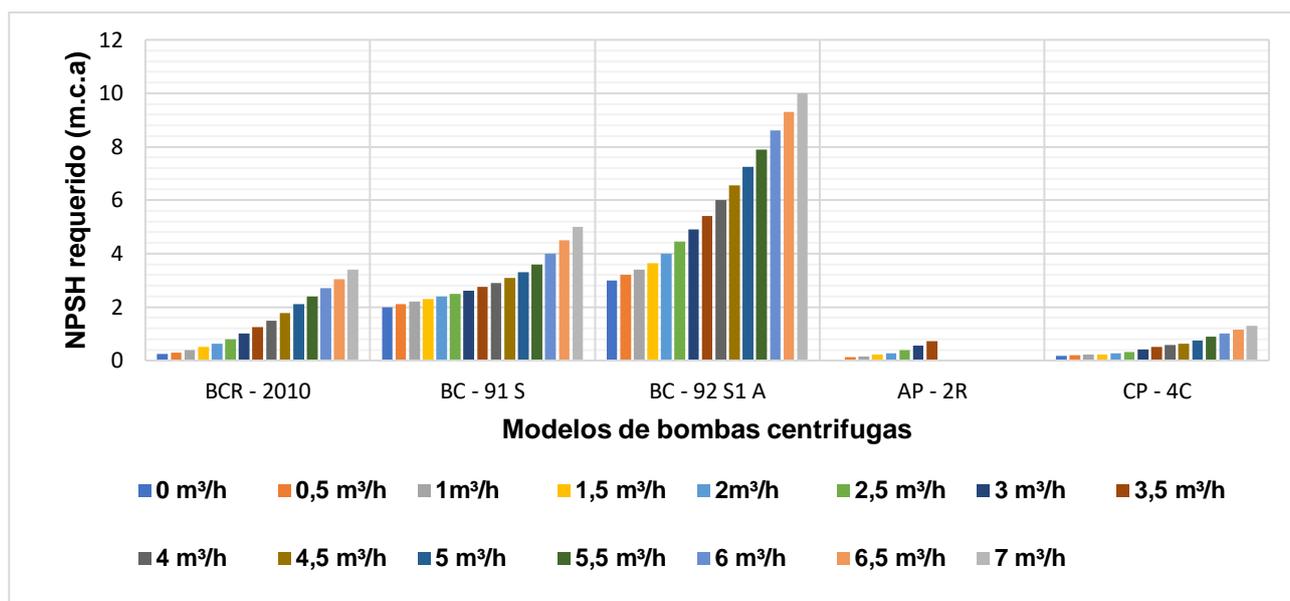
Pressão atm.	Pressão do vapor de água	P.C.T.S.	Altura de sucção	NPSH disponível
9,3132	1,6455	1,053	0	6,6147

Fonte: Primária (2020).

Para a realização deste cálculo considerou-se primeiramente o equipamento BCR-2010 que será instalado a uma altitude de 792 metros acima do mar valor que interpolado na Tabela 4 obteve-se uma pressão atmosférica de 9,3132 (m.c.a) e temperatura do fluido em operação a 55 °C interpolado aos dados da Tabela 5 obteve-se uma pressão de vapor de água de 1,6455 (m.c.a), desta forma a bomba irá operar com sucção afogada e uma perda de carga no trecho de sucção (P.C.T.S) de 1,053 (m.c.a) obtendo um valor de NPSHd de 6,6147 (m.c.a).

Com a Figura 5 obteve-se o valor da curva do NPSH requerido da bomba Schneider e Dancor disponível pelos fabricantes, já os equipamentos da ABS Sulzer não disponibiliza para consulta tais valores dos equipamentos.

Figura 5 – Curva do NPSH requerido dos modelos Schneider e Dancor.



Fonte: Primária, (2020).

Para validação do equipamento o valor de NPSH requerido a uma vazão de 2 (m³/h) em consulta a Tabela 8 o mesmo valor obtido na curva demonstrado na Fig. 5 aproximadamente 0,8 (m.c.a) do modelo BCR-2010, sendo inferior ao NPSH disponível de 6,6147 (m.c.a) considerando ideal a aplicação este equipamento de menor valor financeiro e não gerar riscos de cavitação ao sistema conforme comprovação quantitativa.

#### 4. Conclusão

Este trabalho demonstrou que foi possível dimensionar o sistema de bombeamento de água de chuva armazenada utilizada para auxiliar no abastecimento de água em setores específicos a indústria, analisando aspectos climáticos do local de instalação para validação em relação ao índice de acúmulos de chuva.

A bomba centrífuga do fabricante Schneider/Franklin Eletric e modelo BCR-2010 ideal para aplicação, onde atende a vazão necessária para o sistema, altura manométrica e não ocasiona risco de falhas relacionadas a cavitação. Este modelo de apresentado no artigo serve para todos os sistemas considerando a análise quantitativa e consulta em fabricantes comparando qual equipamento será mais vantajoso para aquisição evitando superdimensionamento ou defeitos na operação.

#### 5. Referências

ABS Sulzer. Bombas hidráulicas e equipamentos hidráulicos. Disponível em: <<https://www.sulzer.com/>> Acesso em: 02 de ago. 2020.

Dancor. Motobombas, equipamentos hidráulicos e sistemas de compressores. Disponível em: < <http://www.dancor.com.br/dancor-site-novo/public/produtos> > Acesso em: 02 de ago. 2020.

DAVIS, M. **Tratamento de água para abastecimento de residuaos: princípios e práticas**. 1ª ed. Rio de Janeiro. Editora Elsevier L.tda. .2017. 769 p.

FILHO, G. F. **Bombas, ventiladores e compressores**. 1ª ed. São Paulo. Editora Érica. 2015. 320 p

FOX, R. W.; McDonald, A. T.; Pritchard, P. J.; Mitchell, John W. **Introdução à mecânica dos fluídos**. 9ª ed. Rio de Janeiro. Editora Gen LTC Ltda. 2018.

GOLDENFUM, Joel Avruch. **Reaproveitamento de águas pluviais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

JAQUES, R, C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Florianópolis, 102 p. 2005  
Disertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

INMET, Instituto nacional de meteorologia. Disponível em: <  
<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> Acesso em: 02 de jun. 2020.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4ª ed. Rio de Janeiro. Editora Gen LTC, 2010. 572 p.

NETTO, J. M. de A., FERNÁNDEZ, M. F. y. **Manual de Hidráulica**. 9ª ed. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda. 2015. 632 p.

OLIVEIRA, P. A. V. et al. **Aproveitamento de água de chuva na produção de suínos e aves**. Virtual Books Disponível em: <  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79687/1/Doc-157.pdf>> Acesso em: 12 de set. 2020.

SANTANA, Natalia Cibely Bezerra. **Qualidade de águas da chuva em João Pessoa-PB: estudo corporativo com padrões de qualidade para o uso residencial**. João Pessoa, 83 p. 2012. Disertação (mestrado) – Universidade Federal da Paraíba.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS, bombas hidráulicas e sistema de incêndio. Disponível em: <  
<https://schneider.ind.br>> Acesso em: 13 de maio 2020.

VERÓL, A.P; VAZQUEZ E.G; MIGUEZ M.G. **Sistemas prediais hidráulicos e sanitários: projetos p´raticos e sustentáveis**. 1ª ed. Rio de Janeiro. Editora Elsevier Ltda. 2019. 422 p.

WEATHER SPARK, Condições meteorológicas. Disponível em: <  
<https://pt.weatherspark.com>> Acesso em: 06 de maio 2020.