



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Energias Renováveis e Eficiência Energética



FLORISVALDO APARECIDO POLEGATTI
JOSÉ CARLOS BENTO JUNIOR
MARCO FERNANDO BACCHI MONTEIRO
TÁSSILU FARIA

CLEAN TRANSFER

CURITIBA
2021

FLORISVALDO APARECIDO POLEGATTI
JOSÉ CARLOS BENTO JUNIOR
MARCO FERNANDO BACCHI MONTEIRO
TÁSSILU FARIA

CLEAN TRANSFER

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Energias Renováveis e Eficiência Energética. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Christian Scapulatempo Strobel

CURITIBA
2021

RESUMO

O trabalho tem como proposta resolver um problema identificado durante pesquisas para um dos *PITCHDAYS* realizados ao longo do curso em Energias Renováveis e Eficiência Energética; Pós-graduação *Latu Sensu*, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná. Foi identificada uma oportunidade de melhoria da eficiência energética em Churrascarias, que utilizam água aquecida para os processos de produção de alimentos e de limpeza. A princípio o trabalho trataria dos dois processos. Porém o processo de produção de alimentos é crítico e exigiria maior investimento para bloquear e/ou mitigar possíveis contaminações, o que exigiria mais recursos e provavelmente inviabilizaria o investimento. Por isso o trabalho se concentra no processo de limpeza, gerando água aquecida através do aproveitamento de calor da churrasqueira. A metodologia utilizada foi análise teórica com base na literatura do assunto e simulação através de ferramenta de software de engenharia EES. Como resultados, conseguiu-se o aproveitamento energético do calor gerado na churrasqueira, redução de custos financeiros mensais e considerável redução de consumo de GLP ou gás de cozinha; uma fonte de energia não renovável e poluente.

Palavras-chave: Eficiência. Energética. Energias. Renováveis. Calor. Água. Churrasqueira.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Principais etapas do projeto.....	8
Figura 2. Diagrama esquemático	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores da simulação do EES.....	111
Tabela 2. Valores do simulador EES - Continuação.....	12
Tabela 3. Orçamento	133

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO.....	6
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	6
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	6
1.3. JUSTIFICATIVA.....	6
1.4. HIPÓTESE	7
1.5. OBJETIVO	7
2. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	7
2.1. PROJETO PRELIMINAR.....	8
2.2. PROJETO DE DETALHAMENTO.....	9
2.2.1. Modelagem matemática:.....	11
2.2.2. Diagrama:	133
2.2.3. Orçamento.....	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4. CONCLUSÕES.....	14
4.1. Sugestões de trabalhos futuros.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

1. INTRODUÇÃO

Esse trabalho apresenta uma opção de aproveitamento energético do calor de uma churrasqueira de churrasceria para aquecer água que será utilizada no processo de limpeza e higienização da churrasceria, em suas diversas etapas e aplicações, como lavagem de louças e talheres, limpeza de utensílios diversos, limpeza e higienização de balcão e do chão.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Através de uma visita técnica feita em uma churrasceria, para pesquisa e produção de uma proposta de trabalho que foi apresentado no segundo PITCHDAY UFPR, em 2019, identificou-se essa oportunidade.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O problema inicial seria melhoria de eficiência energética no aquecimento de água para produção de alimentos, lavagem de louças, talheres e utensílios, além de limpeza e higienização de balcão e do chão. Mas avaliando os riscos de contaminação e as exigências sanitárias para a geração de água quente para a produção de alimentos, optou-se por focar apenas na geração de água quente para os processos de limpeza e higienização. Assim poder-se-ia ter um menor investimento e melhor retorno desse investimento, mantendo o projeto mais simples e aplicável para esse tipo de negócio.

1.3. JUSTIFICATIVA

O aquecimento de água para o processo de limpeza e higienização de uma churrasceria é essencial, visto que os ambientes ficam impregnados de gordura que é facilmente dissolvida em água quente. De outra forma ter-se-ia que utilizar produtos químicos industriais, muitas vezes caros e tóxicos.

Normalmente as churrascerias aquecem vários litros de água em grandes panelas através da queima de GLP (gás de cozinha); um combustível fóssil não renovável.

1.4. HIPÓTESE

Utilizar parte do calor produzido pelo braseiro de uma churrasqueira de grande porte, previamente existente em churrascarias, para aquecer a água que a própria churrascaria necessita para seus processos de limpeza e higienização. Melhorando a eficiência energética do negócio, reduzindo custos, evitando queima de gás de cozinha e também o consumo de produtos químicos de limpeza.

1.5. OBJETIVO

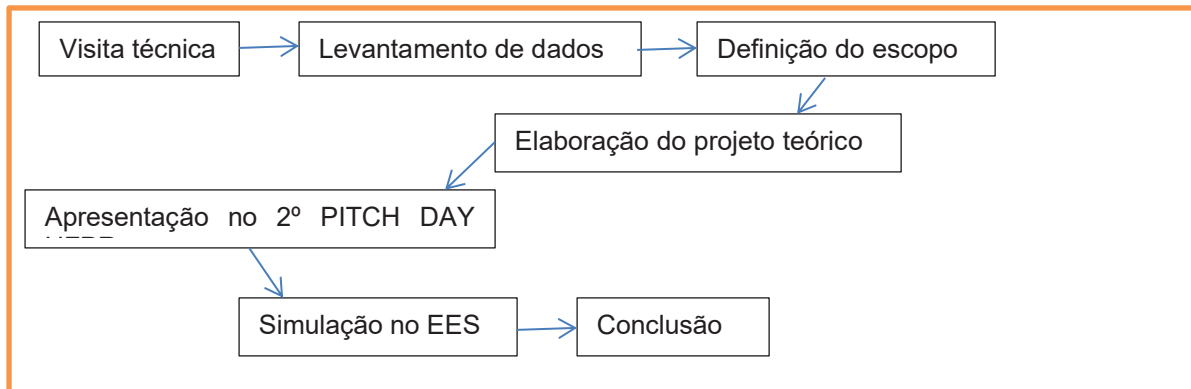
O principal objetivo do trabalho é demonstrar o aproveitamento do calor gerado no braseiro de uma churrasqueira pode aquecer água, promovendo redução de custos energéticos, financeiros e ambientais para a limpeza e higienização de churrascarias.

2. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para elaborar o trabalho, inicialmente foi feito levantamento em campo, com a visita técnica a uma churrascaria típica de Curitiba, onde se obteve informações preliminares para dimensionamento do projeto. De posse desses dados optou-se por utilizar um recurso de simulação visto durante o curso, o EES - Engineering Equation Solver. Através desse software foi possível simular resultados, alterar parâmetros e variáveis que foram essenciais para as escolhas feitas no projeto, quanto a materiais, dimensões e estruturas. A opção pela simulação via software foi feita visando redução de tempo e custos para avaliar a viabilidade econômica e energética do projeto.

A figura abaixo mostra as etapas do desenvolvimento do projeto:

Figura 1. Principais etapas do projeto.



FONTE: O autor (2021)

2.1. PROJETO PRELIMINAR

O projeto preliminar visava aquecer um grande volume de água que seria utilizada tanto para o processo de produção de alimentos quanto para os processos de limpeza e higienização. Porém, para evitar problemas de contaminação o processo de produção de alimentos foi descartado.

Do ponto de vista técnico o projeto preliminar utilizaria o calor da chaminé para aquecer a água. Porém, durante discussões e avaliações feitas pela equipe, percebeu-se que haveria problemas com fuligem e gordura no trocador de calor, reduzindo drasticamente sua eficiência e gerando muita manutenção. Em seguida foi cogitada a ideia de instalar um trocador de calor diretamente sob o braseiro da churrasqueira, mas essa possibilidade também foi descartada, uma vez que o carvão recebe gordura e sal durante sua utilização. A gordura reduziria a eficiência do trocador de calor e o sal é altamente corrosivo. Portanto, também não seria viável devido à manutenção frequente e substituições necessárias em curto espaço de tempo.

A alternativa que melhor se apresentou foi a instalação de um trocador de calor de serpentina instalado abaixo de uma placa de concreto refratário, instalado abaixo do braseiro da churrasqueira. A placa de refratário serviria de anteparo para a gordura e o sal ao mesmo tempo em que de retém calor por mais tempo.

2.2. PROJETO DE DETALHAMENTO

O projeto consiste em instalar um sistema composto por trocador de calor tipo serpentina envolto de concreto refratário de área $1,5 \text{ m}^2$, sob o braseiro de uma churrasqueira de churrascaria. Ligado ao trocador de calor estará um reservatório térmico, similar ao usado em sistema boiler, com capacidade de armazenamento de cento e cinquenta litros de água. O fluxo de calor na água em aquecimento se dará por correntes convectivas, portanto sem necessidade de instalação de bombas e circuitos elétricos. O reservatório térmico é abastecido com água em temperatura ambiente diretamente da concessionária local, além da comunicação de segurança com a caixa d'água através de válvula termostática gerando o equilíbrio térmico projetado.

A relação de proporção entre o reservatório térmico e a caixa d'água é de pelo menos, neste caso, de dez vezes, garantindo a segurança da operação do sistema tendo em vista que não há mudança de fase da água e a temperatura de equilíbrio térmico do sistema é estabilizada em patamar saudável para uso humano.

A bóia de entrada de água do reservatório térmico deve ser uma bóia resistente à temperatura de trabalho.

A estrutura é constituída de alguns componentes, além da necessidade da adaptação para o arranjo físico próprio do estabelecimento, elencando como elementos principais o trocador de calor, dutos de fluxo de água de aquecimento e de uso, reservatório térmico para armazenamento de certa quantidade de água aquecida, válvula termostática e dutos de ligação com a caixa de água fria do estabelecimento usada para outras necessidades as quais não necessitam de água aquecida. A instalação de termômetro com alarme de alerta aferido para determinada temperatura de equilíbrio térmico garante a segurança.

O dimensionamento em questão foi realizado considerando alguns parâmetros de funcionamento próprios de um estabelecimento visitado em certa ocasião pela nossa equipe.

Em reunião com o administrador do estabelecimento em questão, constatamos que a demanda de água quente utilizada diariamente para limpeza era de 100 litros/dia. Consideramos uma reserva de mais 50 litros no reservatório além da demanda (capacidade do reservatório de 150 litros), possibilitando a flexibilização da demanda de água quente.

A condição mais desfavorável de uso é em período do ano em que a temperatura ambiente e da água de abastecimento encontram-se em uma temperatura de 10°C , a qual foi considerada no dimensionamento seguinte.

A temperatura máxima da água quente contida no reservatório foi estabelecida em 70°C , a qual sofrerá redução até chegar às torneiras.

O espaço disponível para a instalação do trocador foi de $1,5 \text{ m}^2$ (área), considerando uma altura de 25,4 mm. (dimensões do trocador)

Trocador de calor com dutos de cobre revestido em camada de concreto leve e a temperatura de abertura aferida na válvula termostática é de 70°C , a qual é a temperatura de equilíbrio térmico do reservatório, sendo possível aferir em outros valores.

O alerta de segurança é aferido no termômetro entre 72°C e 75°C convenientemente.

A temperatura média recomendada para a churrasqueira em operação é de 400°C .

A pressão considerada nas torneiras foi de 125 kpa.

2.2.1. Modelagem matemática:

Software utilizado EES

$T_1 = 400^\circ\text{C}$ (temperatura média da superfície do trocador na churrasqueira)

$T_5 = 70,18^\circ\text{C}$ em 67 minutos (temperatura de equilíbrio térmico da água)

Pr = numero de Prandtl (coeficiente utilizado na convecção)

$\dot{Q}$ = fluxo de calor no trocador

P = pressão da água

ρ = massa específica da água

h = condutividade térmica do trocador

1. Valores da simulação do EES

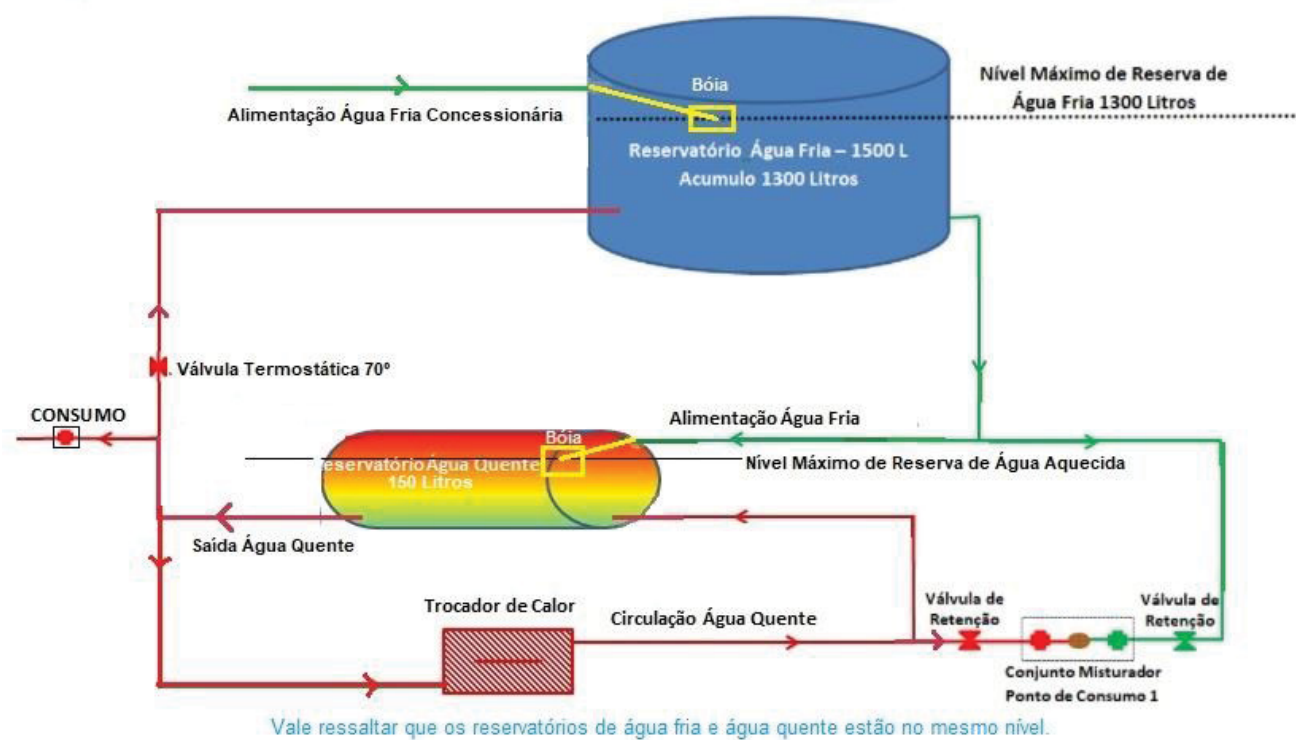
$p[i]$	$\rho[i]$	$Pr[i]$	$\dot{Q}_{dot}[i]$	$T_1[i]$	$T_2[i]$	$T_3[i]$	$T_4[i]$	$T_5[i]$	$cp[i]$	$h[i]$	$k[i]$	$q_dprime[i]$	i	$t_min[i]$	$t_s[i]$	$v[i]$
[kPa]	[kg/m ³]	[-]	[W]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[J/kg-K]	[W/m ² -K]	[W/m-K]	[W/m ²]	[h]	[min]	[s]	[m ³ /kg]
125	998,2							20	4183							0,001002
125		6,997	8346	400	43,9	43,78	43,75	20,8	4183	323,2	0,5875	7419	0,01667	1	60	0,001002
125		6,848	8330	400	44,6	44,48	44,45	21,6	4183	324	0,5889	7404	0,03333	2	120	0,001002
125		6,703	8313	400	45,3	45,17	45,15	22,39	4183	324,8	0,5903	7390	0,05	3	180	0,001002
125		6,564	8297	400	45,99	45,87	45,85	23,19	4183	325,5	0,5917	7375	0,06667	4	240	0,001002
125		6,429	8281	400	46,69	46,57	46,54	23,98	4183	326,3	0,593	7361	0,08333	5	300	0,001003
125		6,299	8264	400	47,39	47,26	47,24	24,77	4183	327	0,5944	7346	0,1	6	360	0,001003
125		6,173	8248	400	48,08	47,96	47,93	25,56	4183	327,7	0,5957	7332	0,1167	7	420	0,001003
125		6,052	8232	400	48,78	48,65	48,63	26,35	4183	328,5	0,597	7317	0,1333	8	480	0,001003
125		5,934	8216	400	49,47	49,35	49,32	27,14	4183	329,2	0,5984	7303	0,15	9	540	0,001004
125		5,82	8199	400	50,17	50,04	50,02	27,93	4183	329,9	0,5996	7288	0,1667	10	600	0,001004
125		5,709	8183	400	50,86	50,74	50,71	28,71	4183	330,6	0,6009	7274	0,1833	11	660	0,001004
125		5,602	8167	400	51,55	51,43	51,4	29,49	4183	331,3	0,6022	7259	0,2	12	720	0,001004
125		5,498	8151	400	52,24	52,12	52,1	30,27	4183	332	0,6034	7245	0,2167	13	780	0,001004
125		5,397	8134	400	52,93	52,81	52,79	31,05	4183	332,7	0,6046	7231	0,2333	14	840	0,001005
125		5,3	8118	400	53,62	53,5	53,48	31,83	4183	333,3	0,6059	7216	0,25	15	900	0,001005
125		5,205	8102	400	54,31	54,19	54,17	32,61	4183	334	0,6071	7202	0,2667	16	960	0,001005
125		5,113	8086	400	55	54,88	54,86	33,38	4183	334,6	0,6082	7187	0,2833	17	1020	0,001005
125		5,024	8070	400	55,69	55,57	55,55	34,15	4183	335,3	0,6094	7173	0,3	18	1080	0,001006
125		4,937	8054	400	56,38	56,26	56,24	34,92	4183	335,9	0,6106	7159	0,3167	19	1140	0,001006
125		4,853	8037	400	57,07	56,95	56,92	35,69	4183	336,5	0,6117	7144	0,3333	20	1200	0,001006
125		4,772	8021	400	57,76	57,64	57,61	36,46	4183	337,2	0,6128	7130	0,35	21	1260	0,001007
125		4,692	8005	400	58,44	58,32	58,3	37,23	4182	337,8	0,6139	7116	0,3667	22	1320	0,001007
125		4,615	7989	400	59,13	59,01	58,98	38	4182	338,4	0,615	7102	0,3833	23	1380	0,001007
125		4,54	7973	400	59,81	59,69	59,67	38,76	4182	339	0,6161	7087	0,4	24	1440	0,001007

125	4,467	7957	400	60,5	60,38	60,35	39,52	4182	339,5	0,6172	7073	0,4167	25	1500	0,001008
125	4,396	7941	400	61,18	61,06	61,04	40,28	4182	340,1	0,6182	7059	0,4333	26	1560	0,001008
125	4,327	7925	400	61,86	61,74	61,72	41,04	4182	340,7	0,6192	7045	0,45	27	1620	0,001008
125	4,26	7909	400	62,54	62,43	62,4	41,8	4182	341,2	0,6203	7030	0,4667	28	1680	0,001009
125	4,194	7893	400	63,23	63,11	63,08	42,56	4182	341,8	0,6213	7016	0,4833	29	1740	0,001009
125	4,13	7877	400	63,91	63,79	63,76	43,31	4182	342,3	0,6223	7002	0,5	30	1800	0,001009
125	4,068	7861	400	64,59	64,47	64,44	44,06	4182	342,9	0,6232	6988	0,5167	31	1860	0,001009
125	4,008	7845	400	65,26	65,15	65,12	44,82	4182	343,4	0,6242	6974	0,5333	32	1920	0,00101
125	3,949	7829	400	65,94	65,83	65,8	45,57	4182	343,9	0,6251	6960	0,55	33	1980	0,00101
125	3,892	7814	400	66,62	66,5	66,48	46,32	4182	344,4	0,6261	6945	0,5667	34	2040	0,00101
125	3,836	7798	400	67,3	67,18	67,16	47,06	4182	344,9	0,627	6931	0,5833	35	2100	0,001011
125	3,781	7782	400	67,97	67,86	67,83	47,81	4181	345,4	0,6279	6917	0,6	36	2160	0,001011
125	3,728	7766	400	68,65	68,53	68,51	48,55	4181	345,9	0,6288	6903	0,6167	37	2220	0,001011
125	3,676	7750	400	69,32	69,21	69,18	49,3	4181	346,4	0,6297	6889	0,6333	38	2280	0,001012
125	3,626	7734	400	70	69,88	69,86	50,04	4181	346,9	0,6305	6875	0,65	39	2340	0,001012
125	3,576	7719	400	70,67	70,55	70,53	50,78	4181	347,4	0,6314	6861	0,6667	40	2400	0,001012
125	3,528	7703	400	71,34	71,22	71,2	51,51	4181	347,8	0,6322	6847	0,6833	41	2460	0,001013
125	3,481	7687	400	72,01	71,89	71,87	52,25	4181	348,3	0,633	6833	0,7	42	2520	0,001013
125	3,436	7672	400	72,68	72,56	72,54	52,99	4181	348,7	0,6338	6819	0,7167	43	2580	0,001014
125	3,391	7656	400	73,35	73,23	73,21	53,72	4182	349,2	0,6346	6805	0,7333	44	2640	0,001014
125	3,347	7640	400	74,02	73,9	73,88	54,45	4182	349,6	0,6354	6791	0,75	45	2700	0,001014
125	3,304	7625	400	74,68	74,57	74,55	55,18	4182	350	0,6362	6777	0,7667	46	2760	0,001015
125	3,263	7609	400	75,35	75,24	75,21	55,91	4182	350,4	0,6369	6764	0,7833	47	2820	0,001015
125	3,222	7593	400	76,02	75,9	75,88	56,64	4182	350,8	0,6377	6750	0,8	48	2880	0,001015
125	3,182	7578	400	76,68	76,57	76,54	57,37	4182	351,2	0,6384	6736	0,8167	49	2940	0,001016
125	3,143	7562	400	77,34	77,23	77,21	58,09	4182	351,6	0,6391	6722	0,8333	50	3000	0,001016
125	3,105	7547	400	78,01	77,89	77,87	58,81	4182	352	0,6399	6708	0,85	51	3060	0,001016
125	3,068	7531	400	78,67	78,55	78,53	59,54	4182	352,4	0,6405	6694	0,8667	52	3120	0,001017
125	3,032	7516	400	79,33	79,22	79,19	60,26	4183	352,8	0,6412	6681	0,8833	53	3180	0,001017
125	2,996	7500	400	79,99	79,88	79,85	60,97	4183	353,1	0,6419	6667	0,9	54	3240	0,001018
125	2,961	7485	400	80,65	80,53	80,51	61,69	4183	353,5	0,6426	6653	0,9167	55	3300	0,001018
125	2,927	7469	400	81,3	81,19	81,17	62,41	4183	353,9	0,6432	6640	0,9333	56	3360	0,001018
125	2,894	7454	400	81,96	81,85	81,83	63,12	4184	354,2	0,6439	6626	0,95	57	3420	0,001019
125	2,862	7439	400	82,62	82,5	82,48	63,83	4184	354,6	0,6445	6612	0,9667	58	3480	0,001019
125	2,83	7423	400	83,27	83,16	83,14	64,54	4184	354,9	0,6451	6599	0,9833	59	3540	0,00102
125	2,799	7408	400	83,92	83,81	83,79	65,25	4184	355,2	0,6457	6585	1	60	3600	0,00102
125	2,768	7393	400	84,58	84,47	84,44	65,96	4185	355,6	0,6463	6571	1,017	61	3660	0,00102
125	2,738	7377	400	85,23	85,12	85,09	66,67	4185	355,9	0,6469	6558	1,033	62	3720	0,001021
125	2,709	7362	400	85,88	85,77	85,75	67,37	4185	356,2	0,6474	6544	1,05	63	3780	0,001021
125	2,68	7347	400	86,53	86,42	86,4	68,08	4186	356,5	0,648	6531	1,067	64	3840	0,001022
125	2,652	7332	400	87,18	87,07	87,04	68,78	4186	356,8	0,6486	6517	1,083	65	3900	0,001022
125	2,625	7317	400	87,82	87,71	87,69	69,48	4186	357,1	0,6491	6504	1,1	66	3960	0,001022
125	2,598	7302	400	88,47	88,36	88,34	70,18	4187	357,4	0,6496	6490	1,117	67	4020	0,001023

2.2.2. Diagrama:

Segue abaixo o desenho esquemático do projeto

Figura 2. Diagrama esquemático



FONTE: AUTOR (2021).

2.2.3. Orçamento

A tabela a seguir apresenta o orçamento feito para a execução do projeto:

Tabela 2. Orçamento

CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO O CALOR DA QUEIMA DO CARVÃO NA CHURRASQUEIRA					
MATERIAIS HIDRAULICOS					
Item	Descrição	Quantidade		valor/um	total
1	Tubo de Cobre Classe I - Sem Costura DN 22mm	30	metros	R\$ 78,84	R\$ 2.365,20
2	Luva Passante Classe I - Sem Costura DN 22mm	7	un	R\$ 2,11	R\$ 14,77
3	União Cobre 733 22mm	2	un	R\$ 30,50	R\$ 61,00
4	Registro de Gaveta para Uso Semi Industrial 3/4" Cobreado	2	un	R\$ 73,99	R\$ 147,98
5	Conector Rosca Macho com Anel - Cobre/Bronze - 22mm x 3/4"	4	un	R\$ 9,59	R\$ 38,36
6	Te Cobre com Rosca Central Fêmea N.712 Sem Anel / Solda	2	un	R\$ 25,37	R\$ 50,74
7	Vareta Solda Prata 25% Produto: BR-25 S/CD Dimensões: 1,60x460mm	20	un	R\$ 25,00	R\$ 500,00
8	Fluxo De Solda Prata Praflux 250g	1	un	R\$ 25,90	R\$ 25,90
9	Torneira De Esfera Uso Geral 3/4"	2	un	R\$ 27,03	R\$ 54,06
10	Curva Cobre Classe I - Sem Costura DN 22mm x 45º	4	un	R\$ 7,56	R\$ 30,24
11	Tubo Isolante Térmico em Polietileno 22x5mm	30	metros	R\$ 7,00	R\$ 210,00
12	Fita Aluminizada 48mm x 50m	2	rolo	R\$ 15,00	R\$ 30,00
13	Fita Veda Rosca 18mmx25m	1	rolo	R\$ 8,50	R\$ 8,50
14	Boiler 150 Litros De Alta Pressão Inox 304	1	un	R\$ 2.499,99	R\$ 2.499,99
15	Trodador de calor (PRECIFICAR)	1	un	R\$ 10.101,11	R\$ 10.101,11
16	Válvula de Segurança com retorno para o reservatório de água fria	1	un	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
TOTAL HIDRÁULICO - MATERIAIS					R\$ 17.137,85
MATERIAIS DE OBRA CIVIL E CUSTO ESTIMADO DE MÃO DE OBRA					
18	Argamassa Multiuso 20 Kg - Recobo	3	saco	R\$ 13,87	R\$ 41,61
19	Mão de obra para solda dos tubos de cobre do sistema - hidráulica	1,5	diária	R\$ 250,00	R\$ 375,00
20	Mão de obra Pedreiro - civil	3,5	diária	R\$ 250,00	R\$ 875,00
21	Mão de obra Ajudante - civil / hidráulica	5	diária	R\$ 150,00	R\$ 750,00
TOTAL MATERIAIS DE OBRA CIVIL E MÃO DE OBRA					R\$ 2.041,61
CUSTO TOTAL DA INSTALAÇÃO					
MATERIAIS HIDRAULICOS					R\$ 17.137,85
MÃO DE OBRA + OBRA CIVIL					R\$ 2.041,61
PROJETO + ART					R\$ 12.934,00
TOTAL					R\$ 32.113,46

FONTE: AUTOR (2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados esperados foram atingidos de maneira satisfatória. O projeto foi capaz de aquecer cento e cinquenta litros de água a 65° C em média, durante o período necessário e com perspectiva de manter água aquecida durante mais horas por dia atendendo perfeitamente as necessidades de água quente da churrasqueira.

O sistema proposto é versátil para instalação em outros estabelecimentos com algumas readequações devidas às variações dos arranjos físicos (Lay out). Tal fato pode gerar variação no orçamento proposto.

A água aquecida pelo projeto era aquecida por gás de cozinha gerando um custo de mais de R\$2.000,00 por mês, além de consumir um combustível fóssil, não renovável.

O ganho ambiental por si só já seria motivo de entusiasmo, mas o ganho financeiro permite ao projeto um *payback* (retorno do investimento) de menos de três anos. À partir do terceiro ano do projeto já há lucratividade se comparado ao sistema anterior de aquecimento por gás de cozinha.

4. CONCLUSÕES

O projeto gerou aquecimento de cento e cinquenta litros de água a 65°C, em média, em aproximadamente duas horas e com perspectiva de manter água aquecida durante o período útil

e além da operação da churrasqueira, atendendo perfeitamente as necessidades de água quente do estabelecimento.

O sistema proposto demonstrou-se eficiente e viável no contexto apresentado.

Entre os principais ganhos proporcionados pelo projeto, podemos citar:

- Economia financeira com gás de cozinha em torno de R\$2.000,00 por mês;
- Redução do consumo de combustível fóssil, não renovável;
- A utilização de água quente reduz o consumo de químicos para limpeza e higienização do estabelecimento;
- Rápido retorno sobre o investimento;
- Adaptação simples que não requer mão-de-obra altamente especializada;
- Utilização de materiais baratos e de fácil acesso no comércio;
- Não foi encontrada solução igual ou similar no mercado.

4.1. Sugestões de trabalhos futuros

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

- Reaproveitamento de calor da chaminé da churrasqueira;
- Reaproveitamento do calor de toda estrutura da churrasqueira para cogeração de energia elétrica;
- Reaproveitamento de calor proveniente de freezers, geladeiras e ar-condicionados para aquecimento de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INCROPERA, FRANK p. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. Sexta Edição, 2007
- MOREIRA, JOSÉ R. S. **Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética**. Edição Única, 2017

SITES UTILIZADOS PARA REFERÊNCIA DE ORÇAMENTO

- https://www.casamimosa.com.br/tubo-de-cobre-classe-i-eluma-metro?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&sku=40287&gclid=CjwKCAjw3_KIBhA2EiwAaAAligow8ID1y7gT6dRrZNSGrSY610Ntj1lsdu3R1Q6v3SBUmIKTUnXxlxC_MBUQAvD_BwE
- https://himater.com.br/produtos/luva-passante-cobre-eluma/?attribute_modelo=22mm&utm_source=Google%20Shopping&utm_campaign=Shopping%20-%20Himater&utm_medium=cpc&utm_term=7147
- <https://www.nichele.com.br/uniao-cobre-733-22mm-eluma/p?idsku=313315>
- <https://www.cec.com.br/metais-e-acessorios/registros-e-bases/registro-de-gaveta/registro-de-gaveta-para-uso-semi-industrial-3/4-cobreado?produto=1033311>
- <https://www.lojamercc.com.br/conector-macho-com-anel-cobre-bronze-22x3-4-eluma-10000524/p>
- **Error! Hyperlink reference not valid.**
- <https://www.madeiramadeira.com.br/vareta-solda-prata-25-10-unidades-1992778.html?seller=2438>
- **Error! Hyperlink reference not valid.**
- **Error! Hyperlink reference not valid.**
- <https://www.balaroti.com.br/curva-cobre-22mm-45-606-282/p?idsku=282>
- **Error! Hyperlink reference not valid.**
- **Error! Hyperlink reference not valid.**
- https://www.cassol.com.br/fita-veda-rosca-tigre-18mmx25m/p?idsku=77750&utm_source=google_shopping&utm_campaign=campanha_inteligente&utm_medium=cpc&gclid=Cj0KCQjwpf2IBhDkARIsAGVo0D2U4LXm7wU1tW52aEkINQKV7emotf4vaTmp3JM31Lv70oKZIkfJ9UaAjlLvEALw_wcB
- **Error! Hyperlink reference not valid.**
- https://www.balaroti.com.br/massa-pronta-20kg-multiplouso-cinza-12388/p?idsku=12388&gclid=Cj0KCQjwpf2IBhDkARIsAGVo0D1AcqQNPK3bssWREqAJ6VhZ7B2dPJSXoKx-RbLwi8flWcqe3_FKeyMaAkYOEALw_wcB