



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

RITA DE CÁSSIA PERES BORGES

**CONFORTO TÉRMICO DE OPERADORES DE MICROTRATORES EM
OPERAÇÃO DE PREPARO DO SOLO**

FORTALEZA

2020

RITA DE CÁSSIA PERES BORGES

CONFORTO TÉRMICO DE OPERADORES DE MICROTRATORES EM OPERAÇÃO DE
PREPARO DO SOLO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

Coorientador: Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B734c Borges, Rita de Cássia Peres.
Conforto térmico de operadores de microtratores em operação de preparo do solo / Rita de Cássia Peres Borges. – 2020.
58 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.
Coorientação: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho.
1. Mecanização. 2. Desconforto. 3. Termografia. I. Título.

CDD 630

RITA DE CÁSSIA PERES BORGES

CONFORTO TÉRMICO DE OPERADORES DE MICROTRATORES EM OPERAÇÃO DE
PREPARO DO SOLO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Wally Mendonça Menezes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

À Deus, minha família, amigos, e orientadores pelo apoio, incentivo. Sem vocês nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por minha vida, por me dar saúde, fé, sabedoria, perseverança e orientação para os meus passos.

Aos meus pais, José Deodoro Borges (*In memoria*) e Salete Maria Peres Borges, que jamais mediram esforços na contribuição dos meus estudos, vocês são meus exemplos de: amor, conduta, educação e trabalho.

Aos meus irmãos, João Batista Borges Neto e Pedro Henrique Peres Borges pela força, amo muito vocês.

Aos amigos que me acompanharam durante esta trajetória, em especial: Elivânia Sousa por sua insistência em me trazer de volta a vida acadêmica e pela ajuda em decorrer deste período, a Marcio Porfilio que se voluntariou como operador do microtrator, a Isabela Oliveira, Jean Oliveira, Leonardo Brito, Luis Gonsaga, Marcelo Queiros, Nitalo Machado, Walisson Siveira e Wilson Souza.

Aos operadores De Leon e Sandoval pela ajuda durante o trabalho em campo.

Agradecer ao professor e orientador, Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, pelo apoio, amizade, ensinamentos e confiança em mim para elaboração desse trabalho.

Ao professor e coorientador, Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho, por suas sugestões e contribuições nos meus momentos de dúvidas.

Aos professores e examinadores desta dissertação, Dr. Carlos Alberto Viliotti, e Dr. José Wally Mendonça Menezes, pela disponibilidade, comprometimento e contribuição fornecida.

Aos professores, Dr. Danilo Roberto Loureiro e Dr. Luis de França Camboim Neto, pela atenção e apoio, sempre muitos prestativos.

Aos professores do Departamento de Engenharia agrícola pelos ensinamentos transmitidos nas disciplinas.

Ao professor Daniel Gurgel Pinheiro, por disponibilizar os instrumentos necessários para a realização do trabalho.

Ao professor Thales Vinícius de Araújo Viana, pela ajuda em uma parte experimental da pesquisa.

As amigas incentivadoras Jane Magalhães e Luciana Barbosa.

A Universidade Federal do Ceará – UFC, pela oportunidade de realização desta pesquisa.

Aos profissionais do programa de pós graduação PPGEA.

A FUNCAP pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que contribuíram de forma direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

“Deus é forte, Ele é grande, e quando Ele quer
não tem quem não queira”

Ayrton Senna

RESUMO

Operadores de máquinas agrícolas estão submetidos a posto de trabalho que apresentam condições diversas, aos quais tem contribuído para o desconforto do mesmo durante a jornada de trabalho, principalmente na região Nordeste, onde altos níveis de radiação solar e temperatura afetam o conforto térmico durante maior parte do ano. Assim, o objetivou-se com este trabalho avaliar o conforto térmico aos quais operadores de microtratores estão expostos durante operação de preparo do solo. Os ensaios foram conduzidos na área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA), da Universidade Federal do Ceará, campus do Pici, Fortaleza, Ceará. Para a operação de preparo do solo foi utilizado como fonte de potência microtrator de duas rodas, marca Yanmar Agritech®, 2 x 2, potência de 10,3 kW a 2.400 rpm tracionando rotoencanteirador, modelo TA33 com 750 mm de largura e profundidade de corte 200 mm. O delineamento foi inteiramente casualizado, sendo, constituídos de duas marchas de trabalho (1ª e 2ª) e três horários (6 h, 12 h e 17 h) durante cinco dias, sendo os dias as repetições. Avaliaram-se: temperatura, umidade, radiação solar, carga física e fadiga, temperatura média da pele do operador (rosto e peitoral) e do microtrator. Todos os ensaios foram conduzidos conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os dados foram submetidos a análise de variância, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Com base na temperatura e umidade relativa do ar, calculou-se a sensação térmica, onde apresentou desconforto nas condições de operação, sendo classificado como trabalho insalubre pela NR 15. A partir dos resultados, verificou-se que o horário de maior desconforto aconteceu no início e final da tarde, gerando estresse fisiológico no operador. Para análise da carga física de trabalho durante a operação de preparo do solo, foi classificada como moderadamente pesada, porém não necessitando de pausas para descanso durante a hora trabalhada. Por último, foi medido a temperatura média de partes do corpo do operador (rosto e peitoral) e do conjunto mecanizado (microtrator e rotoencanteirador), através do uso de uma câmera termográfica, ambas temperaturas apresentaram maiores valores no horário das 12 horas. Conclui-se que, a operação de preparo do solo desenvolvida pelo operador de microtrator, foi considerada desconfortável, devido à grande carga térmica, característica do clima da região. E pela manhã, seria o melhor turno para a realização do preparo do solo, sem acarretar tanto desconforto para o operador.

Palavras-chave: Mecanização. Desconforto. Termografia.

ABSTRACT

Agricultural machine operators are subjected to jobs that present quite different conditions, who have contributed to his discomfort during the workday, mainly in the Northeast region, where high levels of solar radiation and air temperature, affect thermal comfort for most of the year. Thus, the objective of this work was to evaluate the thermal comfort to which micro tractor operators are exposed during the tillage operation. The tests were conducted in the experimental area of the Agricultural Machinery Accident Investigation Laboratory (LIMA), at the Federal University of Ceará, Pici campus, Fortaleza, Ceará. For the soil tillage operation, a two-wheel micro tractor power source was used, Yanmar Agritech® brand, 2 x 2, power from 10.3 kW to 2,400 rpm, pulling a rotoencanteirador, model TA33 with 750 mm width and cutting depth 200 mm. A completely randomized design was used, where the treatments were composed by the combination of two qualitative factors: two work marches (1st and 2nd) and three schedules (6:00 am, 12:00 pm and 5:00 pm) for five days, with the days being repetitions. Seven variables were evaluated: temperature, humidity, solar radiation, physical load and fatigue, average skin temperature of the operator (face and chest) and the agricultural micro tractor. All tests were conducted according to the Brazilian Technical Standards Association (ABNT). For the analysis of the data, descriptive statistics were performed, found normality was performed the analysis of variance, the means were compared using the Tukey test, at 5% probability. Based on the temperature and relative humidity of the air, the thermal sensation was calculated, where it presented discomfort in the operating conditions, being classified as unhealthy work by NR 15. From the results, it was found that the time of greatest discomfort happened in the early and late afternoon, generating physiological stress in the operator. For analysis of the physical workload during the soil tillage operation, it was classified as moderately heavy, but did not require rest breaks during the hour worked. Finally, the average temperature of parts of the operator's body (face and chest) and of the mechanized set (micro tractor and brush) was measured, using a thermographic camera, both temperatures showed higher values at 12 o'clock. It is concluded that the soil tillage operation carried out by the micro tractor operator was considered uncomfortable, due to the large thermal load, characteristic of the region's climate. And in the morning, it would be the best shift to carry out the soil preparation, without causing so much discomfort for the operator.

Keywords: Machinery. Discomfort. Thermography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA).....	27
Figura 2	– Conjunto mecanizado microtrator e rotoencanteirador.....	28
Figura 3	– Operador.....	29
Figura 4	– Medidor de estresse térmico.....	30
Figura 5	– Data logger.....	32
Figura 6	– Medidor de frequência cardíaca.....	33
Figura 7	– Termovisor.....	35
Figura 8	– Imagem termográfica do conjunto máquina-operador (lado direito).....	35
Figura 9	– Imagem termográfica do conjunto máquina-operador (frente).....	36
Figura 10	– Imagem termográfica do conjunto máquina-operador (lado esquerdo).....	36
Figura 11	– Imagem da interface do software Fluke Connect.....	37
Figura 12	– Valores médios para Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo em °C IBUTG em função das marchas e horários avaliados.....	32
Figura 13	– Valores médios para índice de temperatura e umidade em °C (ITU) em função das marchas e horários avaliados.....	40
Figura 14	– Valores médios para carga cardiovascular em % (CCV) em função das marchas e horários avaliados.....	42
Figura 15	– Valores médios para frequência cardíaca limite em bpm (FCL) em função das marchas e horários avaliados.....	44
Figura 16	– Valores médios para temperatura medida em °C, na cabeça do operador em função das marchas e horários avaliados.....	45
Figura 17	– Valores médios para temperatura medida em °C, no corpo do operador em função das marchas e horários avaliados.....	46
Figura 18	– Valores médios para temperatura medida em °C, do microtrator, em função das marchas avaliadas.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Sensação do organismo humano em função da umidade relativa do ar.....	20
Tabela 2	– Tipo de atividade.....	31
Tabela 3	– Taxas de metabolismo por tipo de atividade.....	31
Tabela 4	– Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local.....	32
Tabela 5	– Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	33
Tabela 6	– Classificação da carga física de trabalho por meio de frequência cardíaca para o método de Apud (1989)	34
Tabela 7	– Análise de variância para Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo em °C (IBUTG) em função das marchas e horários avaliados.....	38
Tabela 8	– Análise de variância para índice de temperatura e umidade em °C (ITU) em função das marchas e horários avaliados.....	40
Tabela 9	– Análise de variância para carga cardiovascular em % (CCV) em função das marchas e horários avaliados.....	41
Tabela 10	– Carga física de trabalho exigida na atividade de preparo do solo.....	43
Tabela 11	– Análise de variância para frequência cardíaca limite em bpm (FCL) em função das marchas e horários avaliados.....	43
Tabela 12	– Análise de variância para temperatura medida em °C, na cabeça do operador, em função das marchas e horários avaliados.....	44
Tabela 13	– Análise de variância para temperatura medida em °C, no corpo do operador, função das marchas e horários avaliados.....	46
Tabela 14	– Análise de variância para temperatura medida em °C, do microtrator, em função das marchas e horários avaliados.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerationg and Air-Conditioning Engineers
Aw'	Tropical chuvoso; quente e úmido
bpm	Batimentos por minutos
CCV	Carga Cardiovascular
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
EMPRABA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FCL	Frequência cardíaca limite
FCM	Frequência cardíaca máxima
FCR	Frequência cardíaca em repouso
FCT	Frequência cardíaca de trabalho
h	hora
Ht	Duração de trabalho
H1	Primeiro horário
H2	Segundo horário
H3	Terceiro horário
Ht	Duração de trabalho
IBUTG	Índice de bulbo úmido termômetro de globo
ISO	International Organization for Standardization
ITU	Índice de temperatura e umidade
Kcal.h	Quilo caloria por hora
Kg	Quilograma
kPa	Quilo pascal
kW	Quilo Watts
LIMA	Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas
min	Minutos
m	Metro
m ²	Metro quadrado
M1	Marcha um
M2	Marcha 2
mm	Milímetro
NR-15	Norma regulamentadora 15

p	Probabilidade
Ta	Temperatura do ar
TBS	Temperatura do bulbo seco
TBN	Temperatura do bulbo úmido
TG	Temperatura do globo
Tr	Tempo de repouso
UFC	Universidade Federal do Ceará
UR	Umidade relativa do ar

LISTA DE SÍMBOLOS

°	Graus
°C	Graus Célsius
'	Minutos
“	Segundos
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Conforto térmico	19
2.1.1	<i>Temperatura e umidade</i>	20
2.1.2	<i>Calor</i>	21
2.1.3	<i>Radiação solar</i>	22
2.1.4	<i>Frequência cardíaca</i>	23
2.2	Termografia	23
2.3	Microtratores ou tratores de rabiça	25
2.4	Preparo do solo com rotoencanteirador	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	Localização do experimento	27
3.2	Clima e solo	27
3.3	Características do conjunto mecanizado	28
3.4	Características do operador	29
3.5	Delineamento experimental e tratamentos	29
3.6	Variáveis avaliadas	30
3.6.1	<i>Exposição ao calor</i>	30
3.6.2	<i>Sensação térmica</i>	32
3.6.3	<i>Carga física de trabalho</i>	33
3.6.4	<i>Termografia</i>	34
3.7	Análise estatística	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	Exposição ao calor	38
4.2	Sensação térmica	39
4.3	Carga física de trabalho	41
4.3.1	<i>Carga cardiovascular (CCV)</i>	41
4.3.2	<i>Frequência cardíaca limite (FCL)</i>	43
4.4	Termografia	44
4.4.1	<i>Temperatura medida na cabeça do operador</i>	44
4.4.2	<i>Temperatura medida no corpo do operador</i>	45

4.4.3	<i>Temperatura medida no microtrator</i>	47
5	CONCLUSÃO	49
	REFERÊNCIAS	50
	ANEXO A – VALORES MÉDIOS PARA TEMPERATURA DURANTE O EXPERIMENTO	56
	ANEXO B – VALORES MÉDIOS PARA UMIDADE DURANTE O EXPERIMENTO	57
	ANEXO C – VALORES MÉDIOS PARA RADIAÇÃO SOLAR DURANTE O EXPERIMENTO	58
	ANEXO D – VALORES MÉDIOS PARA PRECIPITAÇÃO DURANTE O EXPERIMENTO	59

1 INTRODUÇÃO

Operadores de máquinas agrícolas estão submetidos a postos de trabalho que apresentam condições bastante diversas. Expostos ao calor ou frio em determinadas condições que podem comprometer seriamente a sua saúde, caso não sejam adotadas medidas eficazes que possa minimizar essas exposições e as condições de esforços físicos operacionais que ocasionam risco a vida do operador.

O calor, um risco físico frequentemente presente nas atividades desenvolvidas pelo operador, cujo controle apresenta características próprias, distintas das que são encontradas em um processo industrial, visto que a fonte principal de liberação de energia térmica, o sol, não mantém a mesma temperatura durante todo o dia e em todas as estações do ano.

A potencialização e a exigência de máquinas cada vez mais modernas, confortáveis para o operador, vem gerando benefícios na área agrícola, reduzindo esforços físicos, trazidos pelos problemas operacionais e ambientais.

A operação de preparo do solo com o uso de microtrator ou trator de rabiça, é uma atividade árdua, e requer uma interação do homem, do ambiente e da máquina, permitindo procedimentos e técnicas mais adequadas de manejo, evitando reduzir custos na produção que inviabilizem a sua execução.

A necessidade da adequação de máquinas e equipamentos agrícolas à realidade da região e do agricultor influencia a busca de alternativas que possam contribuir para minimizar os impactos dos fatores ambientais ao operador.

Pesquisas que informem novos parâmetros ergonômicos que possam ser incorporados nas atividades operacionais no campo como melhorias estratégicas, se fazem totalmente necessárias, haja vista a sua importância para a redução de doenças laborais específicas do tipo de atividade em longo prazo.

A inovação tecnológica em máquinas agrícolas é um processo contínuo que visa melhorar os resultados na produção agrícola, investindo e acreditando em pesquisas, que contribuem para a obtenção do conforto e bem estar do operador, na elaboração de um manejo de acordo com as condições da região.

Os operadores de tratores agrícolas, estão expostos a um desconforto durante a sua jornada de trabalho, como: temperatura, umidade, calor, frequência cardíaca, ruídos, vibração, dentre outros, ou seja, há um conjunto de fatores que influenciam diretamente o seu

conforto podendo ocasionar um aumento da carga física de trabalho e um desequilíbrio térmico, maximizando os riscos inerentes.

Nesse contexto, houve necessidade de pesquisar sobre o conforto desses operadores de microtratores durante as operações agrícolas, baseado nas condições climáticas e no tempo de exposição em diferentes turnos de trabalho, obtendo um diagnóstico do conforto térmico, avaliando as condições de operação em função da marcha de trabalho e turnos de trabalho do sistema operador-máquina- ambiente.

O objetivo geral deste trabalho foi de avaliar o conforto térmico aos quais operadores de microtratores estão expostos durante operação de preparo do solo.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar a exposição ao calor por meio do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBTUG);
- Avaliar a sensação térmica do operador durante preparo do solo com base no índice de temperatura e umidade (ITU);
- Classificar a carga física de trabalho e carga cardiovascular de acordo com a frequência cardíaca do operador e;
- Verificar por meio do uso da termografia a temperatura medida no corpo do operador, além de observar a temperatura medida no microtrator.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conforto térmico

O conforto térmico, cuja avaliação é um processo de caráter psicofisiológico, busca adaptar o ambiente para que este ofereça melhores condições de saúde, segurança, rendimento e bem-estar (BATIZ *et al.*, 2009). Segundo ANSI/ASHRAE Standard 55, 2004 o conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação em relação ao ambiente térmico. Essa definição enfatiza que o julgamento de conforto térmico é um processo cognitivo que envolve fatores físicos, fisiológicos e psicológicos (ASHRAE, 2001).

Segundo Fanger (1970) *apud* Xavier (1999), diversas variáveis influenciam o conforto térmico, dentre elas, tem-se as variáveis físicas que são: temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade do ar e velocidade relativa do ar.

As condições do ambiente são desfavoráveis no posto de trabalho, as elevadas temperaturas causam desconforto, aumentam o risco de acidentes e podem provocar danos consideráveis à saúde dos trabalhadores (IIDA, 2005). Em espaços abertos, o conforto humano pode ser afetado por diversos parâmetros, entre eles os climáticos, as atividades humanas e o nível de vestimenta utilizado (STATHOPOULOS; ZACHARIAS, 2004).

Assim, é interessante que as condições ambientais extremas sejam minimizadas, partindo dessa ideologia foram desenvolvidas tecnologias capazes de bloquear parcialmente a incidência de radiação solar no corpo do operador, são eles as capotas e os sistemas de cabina climatizada reduzindo assim os níveis de ruído, vibração, substâncias presentes no ar e principalmente a temperatura do ar (DEBIASE; SCHLOSSER; PINHEIRO, 2004).

O conforto térmico está relacionado à busca intuitiva do sentir-se bem natural do homem (BATIZ *et al.*, 2009). Várias pesquisas desenvolvidas em laboratório e em campo têm verificado a relação entre o conforto térmico e o desempenho dos indivíduos (FANGER, 1970 *apud* SILVA, 2001).

A Norma Regulamentadora 21 (NR-21) trata justamente destes trabalhadores que desempenham suas atividades a céu aberto e estabelece um conjunto de medidas para que os trabalhadores possam ser protegidos das intempéries usando medidas especiais contra insolação excessiva, calor, frio, umidade e ventos inconvenientes e assim poder realizar sua atividade com o mínimo de conforto e bem-estar. A exposição excessiva aos raios solares é o maior problema enfrentado por este trabalhador já que na região nordeste os níveis de

radiação solares são altos, mesmo com este dado, não é dado neste caso o adicional a insalubridade.

O ambiente térmico, geralmente, engloba os efeitos da radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento (FALCO; BAETA; SOUZA, 1997), sendo a combinação temperatura do ar-umidade relativa o principal condicionante para o conforto térmico e funcionamento geral dos processos fisiológicos, altos valores de ambos resultam em desconforto térmico, que prejudica a saúde, interferindo no rendimento e podendo resultar em riscos de acidentes (VIANA, 2013).

Conforto e equilíbrio térmico do corpo humano estão relacionados, na medida em que a sensação de bem estar térmico depende do grau de atuação do sistema termorregulador para a manutenção do equilíbrio térmico. Isso significa que, quanto maior for o trabalho desse sistema para manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto (RUAS, 2001).

Do ponto de vista de rendimento e operação, são comuns no campo, máquinas muito eficientes, no entanto, produtividade e capacidade operacional não abordam o impacto diretamente e indiretamente desses equipamentos na saúde do trabalhador. A Tabela 1 mostra a sensação térmica do corpo humano em função de diferentes valores de temperatura e umidade relativa do ar. Constata-se que quanto maior for o valor da umidade, maior será a sensação de desconforto.

Tabela 1 – Sensação do organismo humano em função da umidade relativa do ar

Temperatura (° C)	Umidade relativa em %					
	30	50	70	80	90	100
20	20	21,1	22,2	22,8	23,4	23,9
25	25	26,7	27,8	28,9	30	31,1
30	30	32,2	35	37,2	37,8	39,4
35	35	38,8	42,2	44,4	46,7	48,9
40	40	45	50	-	-	-

Fonte: Lansberg (1972) *apud* Garcia (1995).

2.1.1 Temperatura e umidade

A temperatura e a umidade do ar influenciam diretamente no desempenho do trabalho humano (FIEDLER *et al.*, 2010). A sensação térmica que sentimos não é influenciada apenas pela temperatura externa, mas também pelo grau de umidade do ar e da

velocidade do vento (IIDA, 2005). Para Varejão-Silva (2005) a alteração na umidade relativa do ar pode advir exclusivamente da alteração na temperatura do ambiente.

O superaquecimento gera cansaço e sonolência, redução do desempenho físico e aumento de erros (KROEMER; GRANDJEAN, 2005). Leite (2002) afirmou, que se o ambiente é muito quente, a produtividade cai, e se as pessoas não se sentem confortáveis, estão mais suscetíveis a cometerem erros, sofrerem acidentes ou realizarem uma quantidade menor de trabalho.

De acordo com Iida (2005), o trabalho em temperaturas acima de 30° C aumenta o risco de danos à saúde do trabalhador, as pausas se tornam maiores e mais frequente, o grau de concentração diminui, e a frequência de erros e acidentes tende a aumentar significativamente.

Os índices de conforto térmico, determinados por meio dos fatores climáticos, servem como indicativos para caracterizar o conforto e o bem-estar animal. A temperatura ambiente associada à umidade relativa do ar é combinada num indicador de conforto térmico chamado índice de temperatura e umidade (ITU) (VIANA, 2013).

O ITU é um dos índices utilizados para ambientes abertos que permitem quantificar o estresse no ambiente urbano (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007), por meio dos resultados do ITU é possível se ter critérios de classificação desse índice. Valores de ITU acima de 25°C indicam que a maior parte das pessoas se sentirá desconfortável, enquanto valores entre 15 e 20°C são aceitos pela maioria como confortáveis (NÓBREGA; LEMOS, 2011).

2.1.2 Calor

Calor é a forma de energia que se transfere de um sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura entre os mesmos (RESNICK; HALLIDAY, 1966). O clima desfavorável provoca indisposição e fadiga, extenuações físicas e nervosas, diminuição do rendimento, aumento dos erros e risco de acidentes, além de expor organismos a doenças (FIEDLER *et al.*, 2010).

Os princípios e definições do método para medição do estresse de calor a que um trabalhador está exposto são, em particular, da produção de calor interna do corpo, como resultado de uma atividade física, da presença de fonte de calor e das características do meio onde ocorre a transferência de calor, entre a atmosfera e o corpo conforme NR-15, tabela 2.

O Índice de Calor é um índice que combina a temperatura e a umidade relativa do ar para determinar uma temperatura aparente, que representa o quanto quente sentimos realmente (STEADMAN, 1979). Para Grandjean (1982) se no posto de trabalho, o clima é desconfortável para o trabalhador, é notória que ocorra falta de disposição e fadiga, diminuindo a eficiência e aumentando os riscos de acidentes, em virtude do calor ou mesmo da insolação excessiva em uma jornada de trabalho.

Iida (2005) recomenda-se que sempre que possível, os postos de trabalho devem conter termostato para ajuste do clima, sendo a temperatura ajustável ao esforço físico do trabalhador. Segundo Kroemer e Grandjean (2005) na prática é difícil medir a carga térmica do trabalhador, onde é preciso avaliar a temperatura e a transpiração. Alguns estudos realizados pelos mesmos autores mostraram que os limites superiores para o trabalho sob o calor em um dia inteiro de trabalho são: frequência cardíaca média diária de 100-110 bats min^{-1} , temperatura retal de 38°C e evaporação de suor de 0,5L h^{-1} .

2.1.3 Radiação solar

A radiação solar pode ser benéfica ou tóxica para a pele humana. A exposição excessiva aos raios ultravioleta pode provocar doenças, a intensidade da radiação e o comprimento de onda da luz solar dependem de fatores como altitude, latitude, mês do ano e presença ou ausência de nuvens ou poluição (JUCHEM *et al.*, 1998). As radiações mais lesivas ocorrem entre as 10-11 horas da manhã e 16-17 horas da tarde (PETRI, 2005).

Os raios solares prejudicam a pele causando uma infinidade de problemas como o envelhecimento precoce, rugas, manchas de diversos tipos e tamanhos (brancas ou escuras), ressecamento da pele, vermelhidão, insolação, danificação do cabelo e o câncer de pele que surge como uma mancha e evolui rapidamente uma ferida e atingindo as células da pele (KINDERSLEY, 2001).

Os efeitos deletérios da radiação ultravioleta também dependem da duração e da frequência da exposição, da intensidade da radiação solar e da cor da pele do indivíduo (FLOR; DAVOLOS; CORREA, 2007). De acordo com a NR-15 em seu anexo VII, estabelece que as operações ou atividades que exponham os trabalhadores às radiações não ionizantes (ultravioletas, por exemplo) sem a proteção adequada, serão consideradas insalubres, em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho. Para medição é utilizada aparelho saldo-radiômetro que mede os níveis de radiação que o operador está exposto.

2.1.4 Frequência cardíaca

A avaliação da carga física de trabalho foi o primeiro problema tratado pela fisiologia do trabalho e continua sendo uma questão central para a maioria dos trabalhadores do mundo, inclusive para aqueles que trabalham em setores mais modernos e com esforços físicos menores (FIEDLER; VENTUROLI, 2002).

O aumento da frequência cardíaca no início das atividades físicas ocorre devido à diminuição imediata da atividade do sistema nervoso parassimpático e aumento da atividade do sistema nervoso simpático, o que é suficiente para elevar a frequência cardíaca a cerca de 30 batimentos por minuto.

Quemelo (2009) acrescenta que por meio de índices fisiológicos como a frequência cardíaca pode-se realizar estudos comparativos, visando encontrar os esforços físicos nos diferentes métodos ou sistemas de trabalho.

Segundo Apud (1999), um trabalho que exige frequência cardíaca média inferior a 75 batimentos por minuto deve ser classificado como muito leve, de 75 a 100 como leve, de 101 a 125 como medianamente pesado, de 126 a 150 como pesado e acima de 151, extremamente pesado.

Na continuação da atividade física, a frequência cardíaca aumenta novamente pelo aumento da concentração sanguínea de noradrenalina, distensão mecânica da aurícula e sequentemente, do nó sinusal em função de maior retorno venoso, aumentando também a temperatura corporal (SILVA, 2012).

O aumento da variabilidade da frequência cardíaca durante o trabalho é sinal de boa adaptação, caracterizando um indivíduo saudável com mecanismos autonômicos eficientes. Inversamente, a diminuição da variabilidade da frequência cardíaca é frequentemente um indicador de adaptação anormal, o que pode indicar a presença de mau funcionamento fisiológico no indivíduo (PUMPRLA *et al.*, 2002). A redução da variabilidade da frequência cardíaca vem sendo apontada como um importante indicador em pessoas com patologias.

2.2 Termografia

A termografia é uma técnica usada para distinguir as diferentes temperaturas localizadas em áreas de uma região ou de um corpo através de um termograma. A partir de 1965 foi introduzido no mercado o primeiro instrumento capaz de formar imagens térmicas

instantâneas, tanto para objetos fixos como em movimento. Na década de 1970, a termografia se tornou uma técnica largamente utilizada nas indústrias siderúrgicas, companhias de geração e distribuição de energia elétrica, indústrias petroquímicas, medicina, etc. (MIRSHAWKA,1991).

A câmera termográfica captura imagens denominadas de termograma e determina a temperatura por meio da leitura da intensidade da radiação infravermelha emitida por um objeto. Consiste em uma técnica de inspeção não destrutiva e não invasiva que detecta a radiação infravermelha naturalmente emitida pelos corpos com intensidade proporcional a sua temperatura, tornando possível medir temperaturas sem o contato direto com o objeto (MENSURATEC, 2012).

A imagem é obtida pelos detectores sensíveis ao infravermelho, que captam a radiação térmica e a convertem em sinais elétricos. Esses sinais normalmente são baixos e proporcionais ao fluxo de radiação, por isso são amplificados, lidos e processados por meio de “softwares” e são transformados em imagens térmicas ou termogramas (SALES, 2008). As imagens são acompanhadas de uma paleta de cores que indica as regiões mais aquecidas pelas cores branca e vermelha, e as áreas mais frias pelas cores azuis e pretas.

Para Litwa (2010) a vantagem da medição por termovisão consiste na sua simplicidade. Uma vez que a câmera termográfica é uma ferramenta perfeita para a realização de medições sem contato; entretanto, salienta que a confiabilidade das medidas de temperatura por termovisão depende de fatores essenciais, incluindo o coeficiente de emissividade e ângulo de visão.

Afonso (2010) relata que a emissividade mede a capacidade que um corpo possui em emitir energia e está relacionada com alguns outros conceitos, como o corpo negro e o corpo real. O corpo negro trata-se de um objeto capaz de absorver toda a radiação que incide sobre ele em qualquer comprimento de onda e o corpo real na qual as superfícies só são capazes de emitir uma determinada parte da energia.

Entretanto, a termografia por infravermelho registra a distribuição da temperatura por meio de uma câmera termal que recebe e processa a radiação infravermelha emitida pela superfície do corpo (VAINER, 2005), além disso, é um tipo de termômetro onde o contato com a pele não é necessário (MARTINS, 2011), e que é possível visualizar não somente uma região corporal de interesse específica (análise local), como também uma visão ampla de todo o processo de termorregulação atuante, possibilitando uma visão global.

2.3 Microtratores ou tratores de rabiça

Dentre as inúmeras atividades rurais, a operação com tratores agrícolas presta muitos serviços ao homem do campo. A substituição das atividades agrícolas com tração animal pela mecanização agrícola possibilitou a expansão da agricultura para grandes áreas, aumentando a necessidade de máquinas maiores e mais potentes.

Os microtratores são chamados de motocultivadores, ou tratores de rabiça, devido sua semelhança com os implementos de tração animal, (MACHADO; REIS; MACHADO, 2010). De acordo com Rodrigues *et al.* (2006) os microtratores são máquinas de menor porte, ágil e com aptidão para minimizar o problema que vem se tornando cada vez mais acentuado a escassez de mão-de-obra no campo. De acordo com a NR 12 em seu anexo IV o microtrator é um equipamento motorizado de duas rodas utilizado para tracionar implementos diversos, desde preparo de solo até a colheita. Caracteriza-se pelo fato de o operador caminhar atrás do equipamento durante o trabalho.

Com o uso de microtratores é possível abranger uma maior área em menor tempo quando comparado com a utilização da fonte de tração animal (MORAIS *et al.*, 2009).

O trator agrícola destaca-se neste processo de desenvolvimento da agricultura brasileira devido à sua versatilidade na execução de inúmeras tarefas no meio rural, servindo como fonte de potência e tração de diversos equipamentos e implementos agrícolas (ROZIN, 2004).

O uso do trator agrícola reduziu, de forma significativa, a carga física à qual os trabalhadores encontravam-se submetidos, embora estes continuem expostos a uma determinada carga física, e, neste caso, também, mental, pois a operação de um trator exige o controle simultâneo de diversas variáveis referentes ao trabalho (MÁRQUEZ, 2004).

Na escolha do trator ideal para realizar as operações agrícolas, podemos avaliar diversos itens, como potência, conforto, manobrabilidade, facilidade de manutenção e preço de aquisição, sendo que o conhecimento da eficiência energética do trator poderia ser mais um item a ser considerado em sua seleção (SILVEIRA; SIERRA, 2010).

Estudos realizados por Kahil e Gamero (1997) mostraram que o operador de trator agrícola está exposto a problemas de ruído, vibrações, calor, esforços físicos e outros que o tornam mais susceptível a sofrer acidentes, e isso não é diferente quando trata-se de trabalhos com microtratores ou tratores de rabiça. Assim é necessário que haja a correção dessas deficiências, existentes no posto de operação, que, por consequência, reduzirão sensivelmente os acidentes que ocorrem no meio rural.

2.4 Preparo do solo com rotoencanteirador

O preparo do solo é uma operação muitas vezes necessária com o intuito de propiciar condições adequadas para o desenvolvimento de determinada cultura (FURLANI *et al.*, 2004). Antigamente, as tarefas de preparo do solo eram realizadas por equipamentos mais rústicos, confeccionados em madeira, tracionados por homens ou animais apresentando, portanto, baixa capacidade de realização de trabalho (SAAD, 1976). Com o passar dos anos, surgiram novos equipamentos, em busca de maior eficiência de campo e adequados a diferentes condições do solo (BALASTREIRE, 1990).

Segundo a ASAE (1996), existem diversos sistemas de preparo do solo, os quais são enquadrados em categorias como: convencional, cultivo mínimo ou preparo conservacionista. Os principais implementos utilizados para o preparo do solo são: arados, grades, escarificador e enxada rotativa.

Outro equipamento destinado ao preparo conservacionista do solo é a enxada rotativa. Esses equipamentos são empregados na horticultura para a confecção de canteiros e também como equipamentos de cultivo, visando à eliminação de plantas daninhas, ou ainda, na incorporação de adubos, corretivos e restos culturais (BALASTREIRE, 1990). As enxadas rotativas destinam-se a realizar, em uma só operação, a aração e a gradagem. Devido à alta rotação das enxadas, tem provocando fortes impactos contra o solo, ocorrendo uma desintegração dos agregados, tornando-os instáveis e sujeitos aos processos erosivos (SEGUY *et al.*, 1984).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado segundo a norma da ABNT NBR ISO 14269 (2017) que especifica os métodos de ensaio e os critérios de avaliação do compartimento do operador em tratores e máquinas agrícolas e florestais autopropelidas.

3.1 Localização do experimento

Os ensaios foram conduzidos na área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA), na Universidade Federal do Ceará, *campus* do Pici, Fortaleza, Ceará, nas coordenadas 3°44'48'' de latitude sul e 38°34'53'' a oeste de Greenwich, a 27 metros do nível do mar (Figura 1). Os ensaios realizados compreenderam o período de 09 a 20 de julho de 2019.

Figura 1 – Área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA)



Fonte: elaborado pela autora.

3.2 Clima e Solo

O clima da região segundo classificação de Köppen (1928) é do tipo Aw'– tropical chuvoso, quente e úmido, caracterizado por temperaturas médias mensais superiores a

18°C e amplitude térmica inferior a 5 °C. (AQUINO, 2007). O solo é classificado segundo a metodologia da Embrapa (2006) como Argissolo Vermelho Amarelo de textura areia fraca com aproximadamente 82,90% de areia, 10,60% de argila e 6,40% de silte (MACEDO *et al.* 2016). Durante o experimento as condições meteorológicas médias das variáveis foram de: temperatura 31 °C, umidade de 80%, radiação solar 2500 kJm² e precipitação 8 mm, onde os valores medidos para essas variáveis durante todos os dias na realização do experimento, encontram-se nos anexos A, B, C e D.

3.3 Características do conjunto mecanizado

A operação de preparo do solo foi realizada por um microtrator de duas rodas, marca Yanmar Agritech, modelo TC14S, 2 x 2, potência de 10,3 kW a 2.400 rpm, massa total de 498 kg, equipados com pneus 6-12 nas rodas motrizes com pressão recomendada pelos fabricantes de 96,53 kPa (14psi), a diesel, partida elétrica e manivela, 6 marchas à frente e 3 ré, farol com luz baixa e alta conforme informações obtidas no manual do fabricante (Figura 2). Acoplado ao microtrator foi utilizado um rotoencanteirador, modelo TA33 com 750 mm de largura, profundidade do corte 200 mm, forma canteiros de 1 metro de base com 0,8 metros de topo.

Figura 2 – Conjunto mecanizado microtrator- rotoencanteirador



Fonte: elaborado pela autora.

3.4 Características do operador

Para a realização dos ensaios deste estudo, participou um operador, saudável, idade de 25 anos, massa 75 kg, 1,78 m de estatura física e coloração da pele branca (Figura 3). As características do operador estão em conformidade com a norma ISO 5007 (2003), a qual determina que o operador deve ter massa corporal de $75 \text{ kg} \pm 5 \text{ kg}$.

Figura 3 – Operador



Fonte: elaborado pela autora.

3.5 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), onde os tratamentos foram compostos pela combinação de dois fatores qualitativos: duas marchas de trabalho (M1 - 1ª, M2 - 2ª) e três horários (H1 – 6 h, H2 – 12 h e H3 – 17 h) durante cinco dias, por duas semanas (09, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18 e 19/07/2019). Na execução do experimento, o microtrator efetuou as operações em uma rotação fixa de 1.000 rpm, e 265 rpm no rotoencanteirador.

3.6 Variáveis avaliadas

3.6.1 Exposição ao calor

Para a medição da exposição ao calor foi utilizado o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG). A coleta dos dados foi realizada durante a operação de preparo do solo. Para isso, utilizou-se um medidor de estresse térmico modelo TGD-400, marca Instruterm (Figura 4).

Figura 4 - Medidor de estresse térmico



Fonte: elaborado pela autora.

Para o cálculo do Índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG) foi utilizado a Equação 1, para ambientes externos com carga solar, descrita na NR 15.

$$IBUTG = 0,7 * TBN + 0,1 * TBS + 0,2 * TG \quad (1)$$

Em que:

IBUTG = Índice de bulbo úmido termômetro de globo (°C);

TBN = Temperatura do bulbo úmido natural (°C);

TBS = Temperatura do bulbo seco (°C);

TG = Temperatura do globo (°C).

Os limites de tolerância para trabalhadores expostos ao calor são estabelecidos pela NR-15, a qual define que as medições do IBUTG sejam feitas no local onde o trabalhador executa suas atividades (Tabela 2).

Esta norma regulamentadora, fixa os limites máximos de tempo a que um trabalhador pode ficar exposto a uma condição de stress por calor, na atuação de sua atividade, em função dos valores máximos de referência do IBUTG tabelados.

Tabela 2 – Tipo de atividade

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho/hora	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Ate 25
45 minutos de trabalho 15 minutos de descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos de trabalho 30 minutos de descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos de trabalho 45 minutos de descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	> de 32,2	> de 31,1	> de 30

Fonte: NR-15 (Portaria nº3. 214/78, Anexo nº3, Quadro nº3).

A determinação do tipo de atividade (leve, moderada ou pesada) foi realizada consultando-se a Tabela 3. Para os fins deste item, considera-se como atividade que operador está exercendo um trabalho pesado e intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos, como, é o caso das operações de preparo do solo utilizando microtrator-rotoencanteirador. Os limites de tolerância encontram-se na Tabela 4.

Tabela 3 – Taxas de metabolismo por tipo de atividade

Tipo de atividade	Kcal h⁻¹
Sentado em repouso	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir)	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá)	440
Trabalho fatigante	550

Fonte: NR-15 (Portaria nº3. 214/78, Anexo nº3, Quadro nº3).

Tabela 4 - Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local (local de descanso)

Mkcal h ⁻¹	Leve
175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26,0
450	25,5
500	25,0

Fonte: NR-15 (Portaria nº3. 214/78, Anexo nº3, Quadro nº3).

3.6.2 Sensação térmica

Para a avaliação da sensação térmica foi utilizado o método desenvolvido por Thom (1959) *apud* Costa, Bezerra e Silva (2009) utilizando Data Logger, marca HOBO Pro v2 (Figura 5) para medição da temperatura e umidade relativa do ar.

Figura 5 – Data logger



Fonte: elaborado pela autora.

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) foi determinado pela Equação 2, desenvolvida por Thom (1959) *apud* Costa, Bezerra e Silva (2009).

$$ITU = Ta - 0,55 * (1 - UR) * (Ta - 14) \quad (2)$$

Em que:

ITU = Índice de temperatura e umidade;

Ta = Temperatura do ar (°C).

Os valores encontrados acima de 25 são considerados pela maioria dos autores como desconfortável, enquanto que, os valores entre 15 e 20 são aceitos pela maioria como

confortáveis (Tabela 5). Estes valores foram utilizados para comparar com as condições de conforto térmico ideal para a operação de preparo com rotoencanteirador.

Tabela 5 – Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Faixa de temperatura (°C)	Estresse térmico
<20	Frio
15-20	Conforto
20-25	Pouco desconforto
25	Desconforto

Fonte: Thom (1959) modificado por Costa, Bezerra e Silva (2009).

3.6.3 Carga física de trabalho

A coleta de dados da frequência cardíaca foi feita inicialmente em repouso, e em intervalos de 10 em 10 minutos durante toda a sua jornada de trabalho, por meio do monitor de frequência cardíaco Speedo, composto por um receptor digital, uma fita elástica e um transmissor de sensores, colocados na altura do peito do operador (Figura 6).

Figura 6 – Medidor de frequência cardíaca



Fonte: elaborado pela autora.

Para a carga física de trabalho foi utilizado o método proposto por Apud (1989). O método consiste basicamente na determinação de um limite de carga cardiovascular de um trabalhador para uma atividade laboral contínua, a partir da coleta de frequência cardíaca em diversas situações. Caso este limite seja ultrapassado, são calculadas pausas para descanso em minutos/hora de trabalho. A carga cardiovascular do trabalho (CCV) corresponde à porcentagem da frequência cardíaca durante o trabalho (FCR) em relação à frequência cardíaca máxima suportada pelo trabalhador (FCT) calculada conforme Equação 3.

$$CCV = \frac{(FCT - FCR)}{(FCM - FCR)} * 100 \quad (3)$$

Em que:

CCV = Carga cardiovascular (%);

FCT = Frequência cardíaca do trabalho (bpm);

FCR = Frequência cardíaca de repouso (bpm);

FCM = Frequência cardíaca máxima, 220-idade (bpm).

A frequência cardíaca limite (FCL) em bpm (batidas por minuto) corresponde a 40% da carga cardiovascular máxima e foi obtida pela Equação 4.

$$FCL = 0,40 * (FCM - FCR) + FCR \quad (4)$$

FCL = frequência cardíaca limite (bpm).

Quando a carga cardiovascular ultrapassa o valor de 40%, é necessário reorganizar o regime trabalho/descanso, conforme Equação 5.

$$Tr = \frac{Ht(FCT-FCL)}{FCT-FCR} \quad (5)$$

Em que:

Tr = Pausa para descanso (min);

Ht = Frequência cardíaca de trabalho (bpm).

A partir da carga cardiovascular de trabalho foi classificada a carga física (Tabela 6).

Tabela 6 – Classificação da carga física de trabalho por meio de frequência cardíaca para o método de Apud (1989)

Frequência cardíaca média (bpm)	Classificação de carga de trabalho
<75	Muito leve
75,1-100	Leve
100,1- 125	Moderadamente pesada
125,1-150	Pesada
>150	Muito pesada

Fonte: Apud (1989).

3.6.4 Termografia

Para captação e registro das imagens termográficas foram utilizados termovisores (Termômetro câmera de infravermelho 9 Hz Fluke FLK-TIS10), resolução de 4.800 pixels, sensibilidade térmica (NETD): =0,15 ° C, precisão variando de 30° C, faixa de temperatura de -20 a 250° C, capacidade de armazenamento 4 GB de memória interna, alta resolução em

LCD de 3,5 polegadas (Figura 7). O valor da emissividade foi ajustado para 0,98 (BRIOSCHI, 2003), referente ao da pele humana.

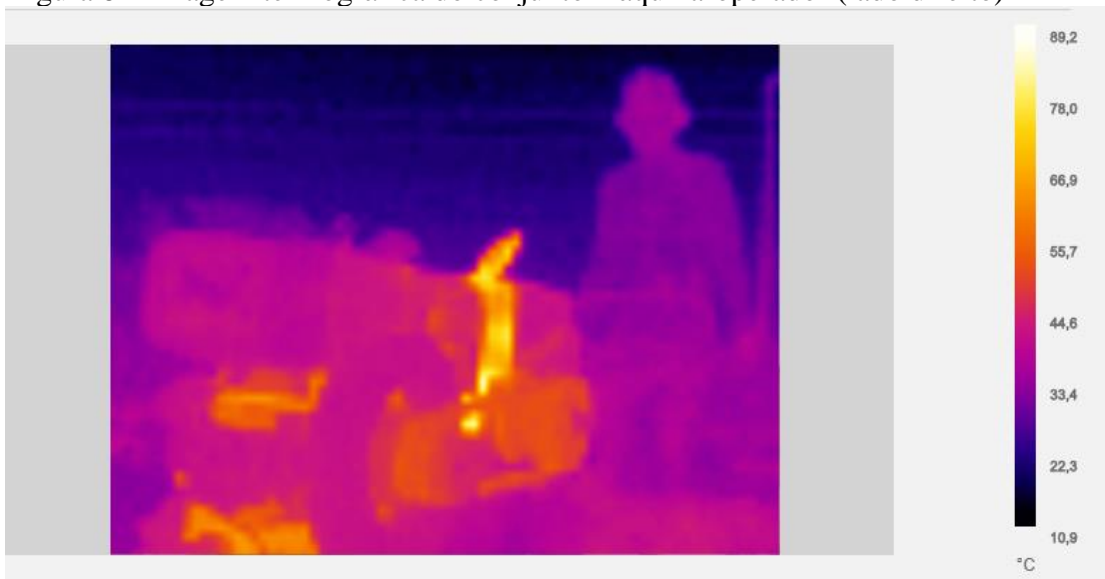
Figura 7 – Termovisor



Fonte: elaborado pela autora.

As imagens termográficas foram medidas em três lados distintos (direito, frente e esquerdo do conjunto máquina- operador) a cada 10 minutos, a uma distância de $1,5 \pm 0,5$ m da região de interesse, ao final do estudo foram obtidas 882 imagens termográficas. Devido a quantidade elevadas de imagens termográficas geradas neste estudo, as três imagens (Figura 8, 9 e 10) foram apresentadas como modelo para as demais, conforme ênfase nas superfícies das regiões de interesse. Sendo que a imagem 8 foi registrada no primeiro período de coleta (6 horas), a imagem 9 foi registrada no segundo período de coleta (12 horas) e a imagem 10 no último período de coleta (17horas).

Figura 8 – Imagem termográfica do conjunto máquina-operador (lado direito)



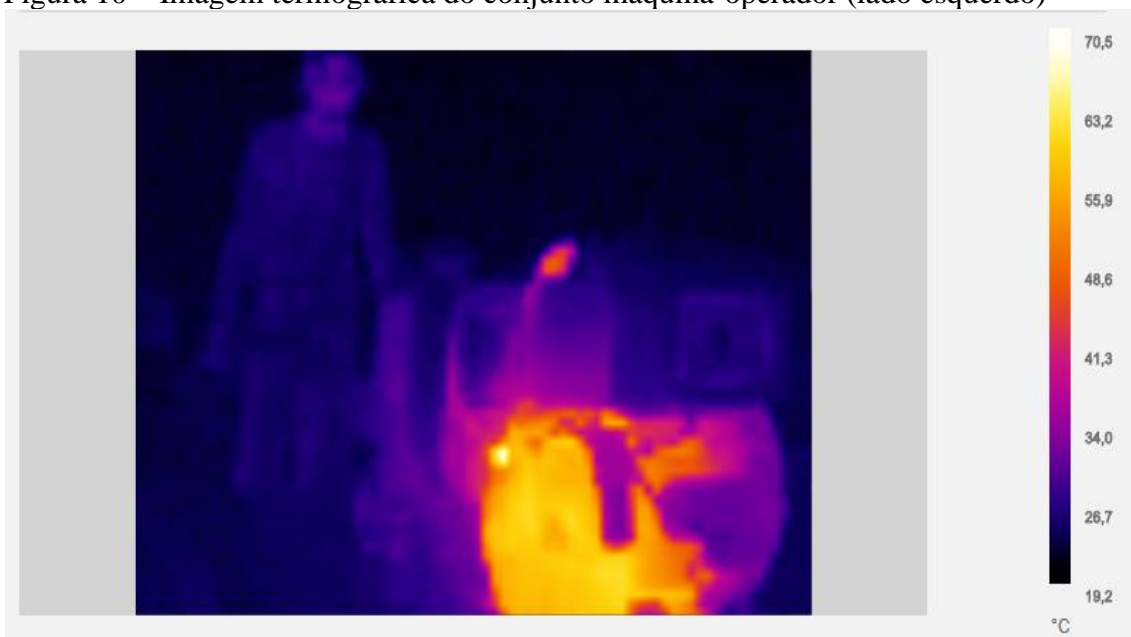
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 9 – Imagem termográfica do conjunto máquina-operador (frente)



Fonte: elaborado pela autora.

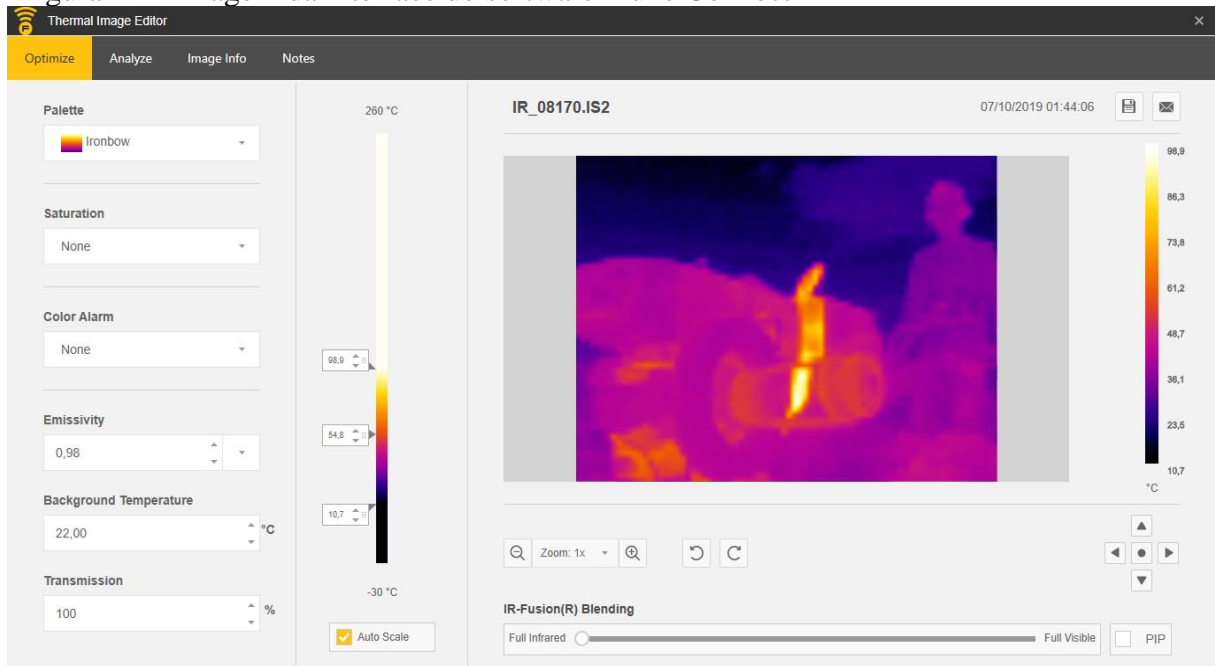
Figura 10 – Imagem termográfica do conjunto máquina-operador (lado esquerdo)



Fonte: elaborado pela autora.

Para análise das imagens termográficas utilizou-se o software Fluke Connect, onde as imagens foram transferidas, organizadas e processadas eletronicamente pelo programa computacional, as quais se obteve as temperaturas médias da pele em regiões do corpo analisadas (rosto e peitoral) e da máquina, por meio da seleção da área interessada, comparando as variações de calor do conjunto máquina-operador (Figura 11).

Figura 11 – Imagem da interface do software Fluke Connect



Fonte: elaborado pela autora.

3.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos primeiramente a estatística descritiva, a normalidade dos dados foi realizada por meio do teste de Anderson-Darling, constatada a normalidade os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas por meio do teste t de Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Os dados foram analisados por meio do software Agroestat (BARBOSA; MALDONADO, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Exposição ao calor

Verificou-se pela análise de variância que houve diferenças significativas entre as marchas utilizadas (M), entretanto, os períodos avaliados (H) e a interação entre os fatores (M x H) não apresentaram nenhuma diferença estatística (Tabela 7). A operação manteve-se fora da zona de conforto térmico sugerido por Dul e Weerdmeester (1995), onde a temperatura acima de 30° C pode causar risco a saúde do operador, e o conforto térmico depende de fatores como temperatura do ar, calor radiante, umidade do ar e a velocidade do ar, em ambientes externos, variáveis como radiação direta e vento agem de modo influente sobre indivíduos, também está associado o tipo de atividade física desenvolvida, e vestimenta utilizada.

Nota-se que, nas duas marchas avaliadas, o valor de IBUTG ultrapassa os limites de tolerância para atividade leve, moderada e pesada durante os períodos avaliados. Nessa situação, não é permitido o trabalho sem que medidas especiais sejam adotadas, pois há exposição a risco grave e eminente. Para tanto, a NR 15 determina a obrigação de adoção de medidas que garantam a integridade da saúde da pessoa exposta.

Tabela 7 – Análise de variância para Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo em ° C (IBUTG) em função das marchas e horários avaliados

Marcha	Horário			MG	CV (%)	<i>p – valor</i>		
	6	12	17			M	H	M x H
1	62,24	61,10	63,63	62,32 a	20,39	<0,0001	0,82 ns	0,89 ns
2	35,76	38,88	40,04	38,23 b				
MG	49,00 A	49,99 A	49,00A					

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey para a comparação de médias. MG: média geral; CV: coeficiente de variação; M: marcha; H: horário; p: probabilidade a 5% de variação.

Fonte: elaborado pela autora.

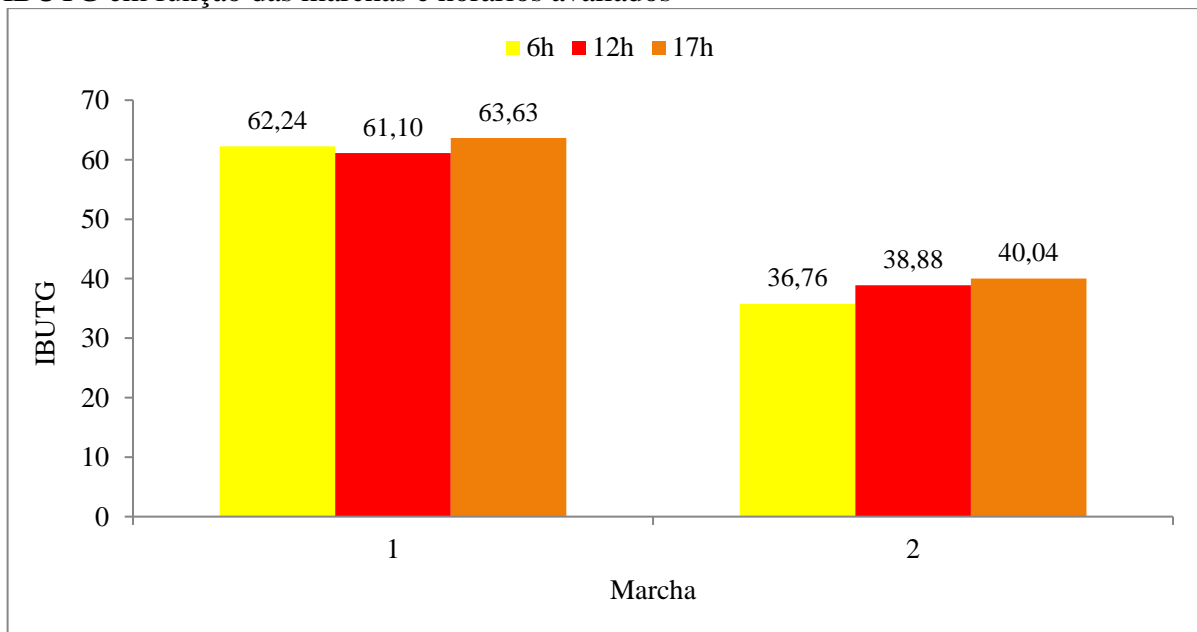
A temperatura média dos dados coletados, que compreendeu o início do mês de julho, indica que houve um aumento na condição de estresse por calor. Sendo que no último turno de coleta, pode-se considerar a pior hora de trabalho, ou seja, a hora mais severa para o operador em termo de exposição ao calor.

Consultando a Tabela 3 da Norma Regulamentadora 15 (taxas de metabolismo por tipo de atividade), o tipo de atividade exercida pelo operador foi classificado como

moderado, na posição de pé, em máquina ou bancada, com alguma movimentação, com metabolismo de 220 Kcal/h.

Após realizado os cálculos das médias do IBUTG e da taxa média ponderada de metabolismo, consultando a tabela 4 da NR 15, foi observado que a tabela não possui taxa de 220 Kcal/h, então foi adotado a taxa superior de 250 Kcal/h. Onde para tal taxa o limite de tolerância é de 28,5 ° C, como o IBUTG médio ponderado e calculado na hora considerada mais severa de trabalho foi de 63,63° C na marcha 1 e 40,04° C na marcha 2, no ultimo turno de trabalho, no período avaliado, o operador de microtrator em atividade de preparo do solo está exposto a sobrecarga térmica de calor de 35,13° C (marcha 1) e 11,54° C (marcha 2), há mais do que o permitido (Figura 12). No tocante as vestimentas de trabalho utilizadas pelo operador foram compostas por calça jeans, camisa branca manga longa em algodão, bota e chapéu. Contudo, a NR 15 não externa nenhuma recomendação relacionado às vestimentas.

Figura 12 – Valores médios para Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo em °C IBUTG em função das marchas e horários avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

4.2 Sensação térmica

Segundo Nóbrega *et al.* (2011), a análise do conforto térmico possui relação direta com demais fatores climáticos, nos quais podem aumentar os níveis de desconforto, se tornando mais elevados do que o estimado por meio dos cálculos do índice de calor. Constataram-se interação significativa entre os fatores (M x H) e entre horários avaliados (H)

em relação ao ITU (Tabela 8). Todos os índices de ITU encontraram-se acima de 25° C, causando sensação de desconforto ao operador durante sua jornada de trabalho.

Tabela 8 – Análise de variância para índice de temperatura e umidade em °C (ITU) em função das marchas e horários avaliados

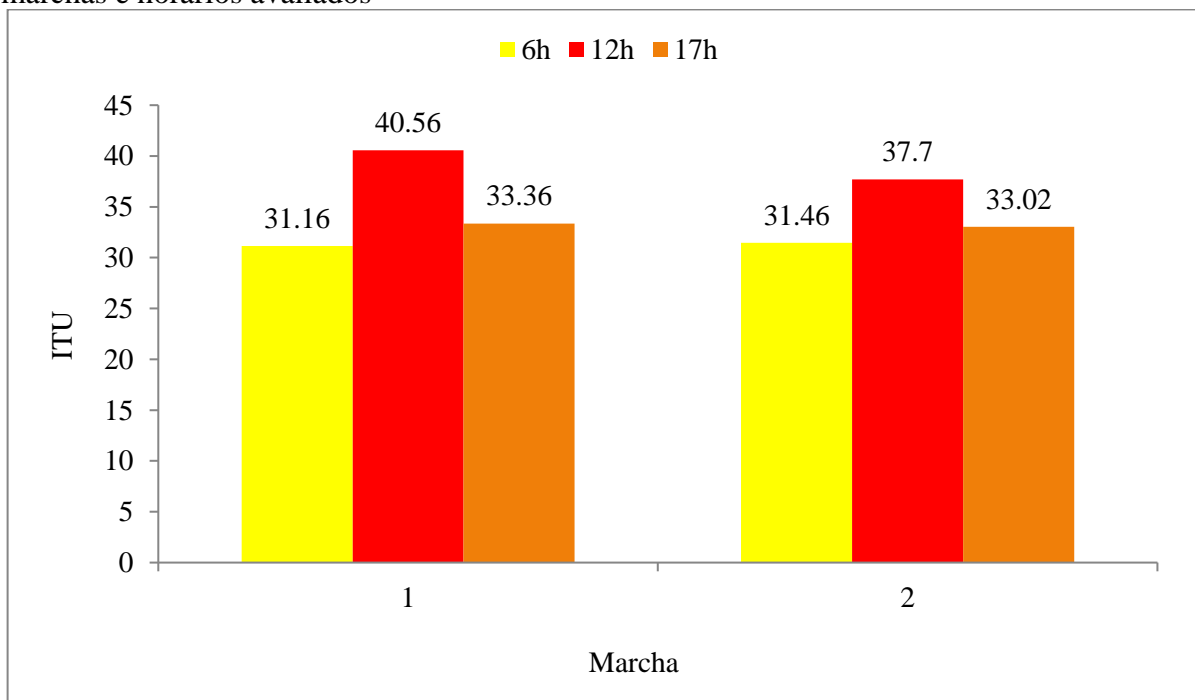
Marcha	Horário			MG	CV (%)	<i>p – valor</i>		
	6	12	17			M	H	M x H
1	31,16	40,56	33,36	35,02 a	4,10	3,48 ns	82,70**	3,46*
2	31,46	37,70	33,02	34,06 a				
MG	31,31 C	39,13 A	33,19 B					

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey para a comparação de médias. MG: média geral; CV: coeficiente de variação; M: marcha; H: horário; p: probabilidade a 5% de variação.

Fonte: elaborado pela autora.

Observou-se que a temperatura e umidade relativa tiveram valores médios acima da faixa de conforto (15-20), o que ocasionou desconforto ao operador, causando uma sensação térmica desagradável, principalmente no período que corresponde ao horário de 12 h (Figura 13). Isso pode ser explicado devido às amplitudes térmicas serem mais marcantes durante o período diurno que conforme os trabalhos desenvolvidos por Repelli *et al.* (1997), Santana (1997) e Moura *et al.* (2010) ocorre entre 07 h e 15 h e no período não chuvoso.

Figura 13 – Valores médios para índice de temperatura e umidade em °C (ITU) em função das marchas e horários avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

Diversos autores em suas pesquisas sobre as condições climáticas de Fortaleza, concluíram que existem alterações climáticas significativas com formação de ilhas de calor e de frescor dentro do tecido urbano (XAVIER *et al.*, 1996; MALVEIRA, 2003; SANTOS *et al.*, 2013). A intensidade dessas alterações varia em diferentes pontos da cidade em função da tipologia de uso e ocupação do solo e seus efeitos são manifestados pelo desconforto sentido (SILVA *et al.*; 2007; ALUCCI, 2011; COSTA FILHO *et al.*, 2011; MOURA *et al.*, 2011; BRANCO *et al.*, 2012; PAIVA; ZANELLA, 2012).

4.3 Carga física de trabalho

4.3.1 Carga cardiovascular (CCV)

Pela análise de variância, observou-se que não houve diferenças significativas entre os fatores (M x H), porém houve diferença significativa para os horários avaliados (H), e as marchas apresentaram diferenças significativas, sendo o maior valor de frequência cardíaca obtida na 2ª marcha (Tabela 9). Resultado já esperado, uma vez que, o aumento da marcha de trabalho faz com que o conjunto mecanizado utilizado desloque-se mais rápido, contribuindo com o aumento da frequência cardíaca devido aos esforços ao operador. O horário mais quente do dia (12 h) também contribuiu para o aumento da carga cardiovascular.

Tabela 9 – Análise de variância para carga cardiovascular em % (CCV) em função das marchas e horários avaliados

Marcha	Horário			MG	CV (%)	<i>p</i> – valor		
	6	12	17			M	H	M x H
1	21,01	26,93	22,43	23,52 b	20,3	<0,0001	0,82 ns	0,89 ns
2	26,72	31,17	30,16	29,34 a				
MG	23,9 B	29,0 A	26,3 AB					

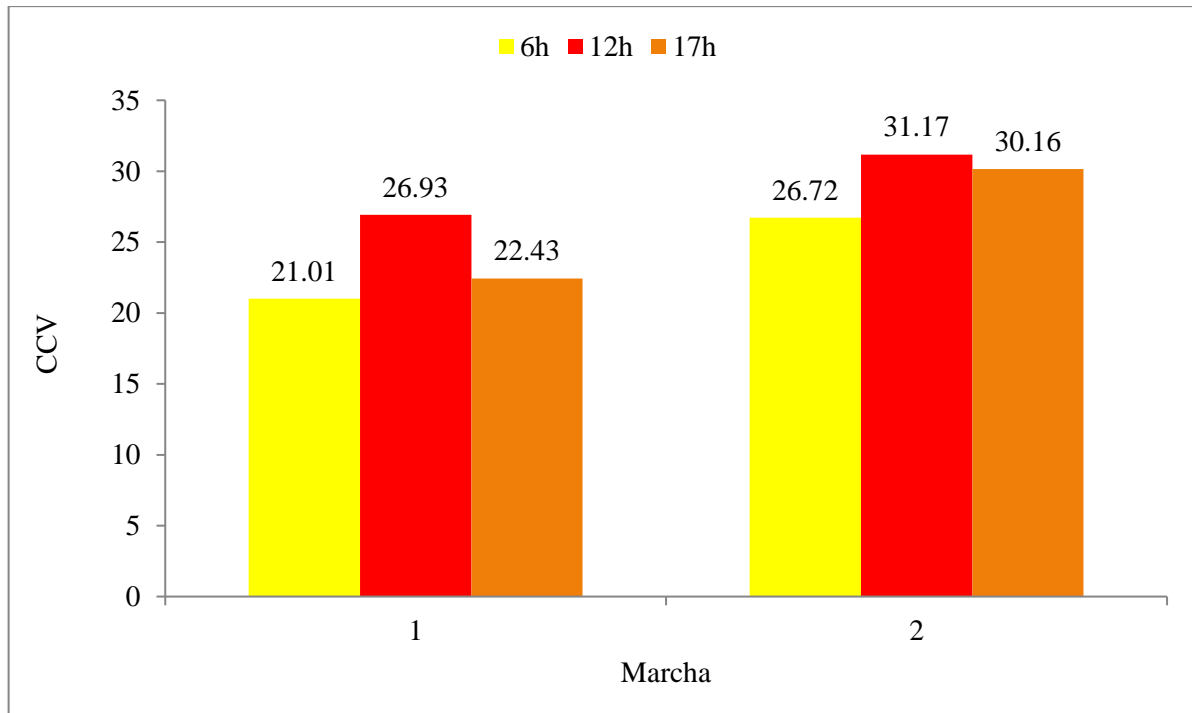
Médias seguidas de mesma letra, nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey para a comparação de médias. MG: média geral; CV: coeficiente de variação; M: marcha; H: horário; p: probabilidade a 5% de variação.

Fonte: autor

Observando as características físicas do operador (1,78 de altura, massa de 75 quilogramas e 25 anos) e as características do solo da área experimental (aparentemente plano, com alguns obstáculos como pedras e raízes de plantas), observou-se que, na maior parte do preparo do solo, o operador fez maior esforço durante as manobras com o microtrator. Com base nos dados de frequência cardíaca média (Figura 14), classificou-se a carga física do operador (Tabela 6), como moderadamente pesada, já que os valores médios

variaram entre 23,9 a 29,0, ou seja, de 100 a 125 bpm. Segundo Couto (2007), a frequência cardíaca menor que 110 bpm não são prejudiciais à saúde do trabalhador.

Figura 14 – Valores médios para carga cardiovascular em % (CCV) em função das marchas e horários avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

Verificou-se que durante a operação de preparo do solo com o rotoencanteirador, nos três horários e nas diferentes marchas, que a média da frequência cardíaca de trabalho manteve-se entre 21,01 a 26,93 na marcha 1 e entre 26,72 a 31,17 na marcha 2, considerando como “moderadamente pesada” nas duas semanas de avaliação.

Observou-se que a condição de operação, na maior parte do tempo, a frequência cardíaca do operador no microtrator, permaneceu dentro da faixa considerada normal para adultos saudáveis, demonstrando que durante a operação não necessitava de grandes esforços físicos por parte do operador, mesmo que em alguns períodos críticos do trabalho. Essa diferença não significativa da carga cardiovascular na operação de preparo do solo pode ser fundada certamente pela uniformidade entre o esforço exigido pelo operador no microtrator durante as manobras de cabeceira, onde fazia-se o acionamento de alavancas de controle no microtrator para acionar o implemento (rotoencanteirador), levantando e baixando.

4.3.2 Frequência cardíaca limite (FCL)

Os valores da carga de trabalho físico e trabalho exigido durante a atividade de preparo do solo (Tabela 10) mostrou que a atividade exigiu esforço do operador, sendo classificada como moderadamente pesada (MP) com um tempo de exposição de 1 h, contudo a carga cardiovascular não ultrapassou o limite de 40% da frequência cardíaca de trabalho (APUD, 1989), não sendo necessário estabelecer o tempo de recuperação para atividade, nesse período de exposição. Em relação a utilização da marcha 2, observou-se que o maior valor da FCT média de 113,53 bpm e CCV média 30,16%, no último período da coleta, todavia, não apresentou sobrecarga física que necessitasse de pausas ou rodizio do operador.

Tabela 10 - Carga física de trabalho exigida na atividade de preparo do solo com rotoencanteirador

Marcha	CCV (%)	FCT bpm	FCL bpm	FCR bpm	FCM bpm	Carga física de trabalho *	Tempo de exposição (h)
1	21,01	101,7	124,12	76,8	195	MP	1
	26,93	108,73	124,08	76,8	195	MP	1
	22,43	104,17	124,52	77,6	195	MP	1
2	26,72	110,9	126	80	195	MP	1
	31,17	113,3	124,08	76,8	195	MP	1
	30,16	113,53	124,92	78,2	195	MP	1

CCV: carga cardiovascular; FCT: frequência cardíaca média de trabalho; FCL: frequência cardíaca limite; FCR: frequência cardíaca em repouso; FCM: frequência cardíaca media máxima (220 – idade); * Tabela 6 MP: trabalho moderadamente pesado.

Fonte: elaborado pela autora.

Pela análise de variância, observa-se que, a frequência cardíaca limite (FCL) em função das marchas e horários avaliados não apresentaram diferenças significativas (Tabela 11 e Figura 15), entretanto, verifica-se que a frequência cardíaca durante todo o período de trabalho no preparo do solo, esteve abaixo dos valores médios da FCL, evidenciando um esforço físico moderado pelo operador (Tabela 10).

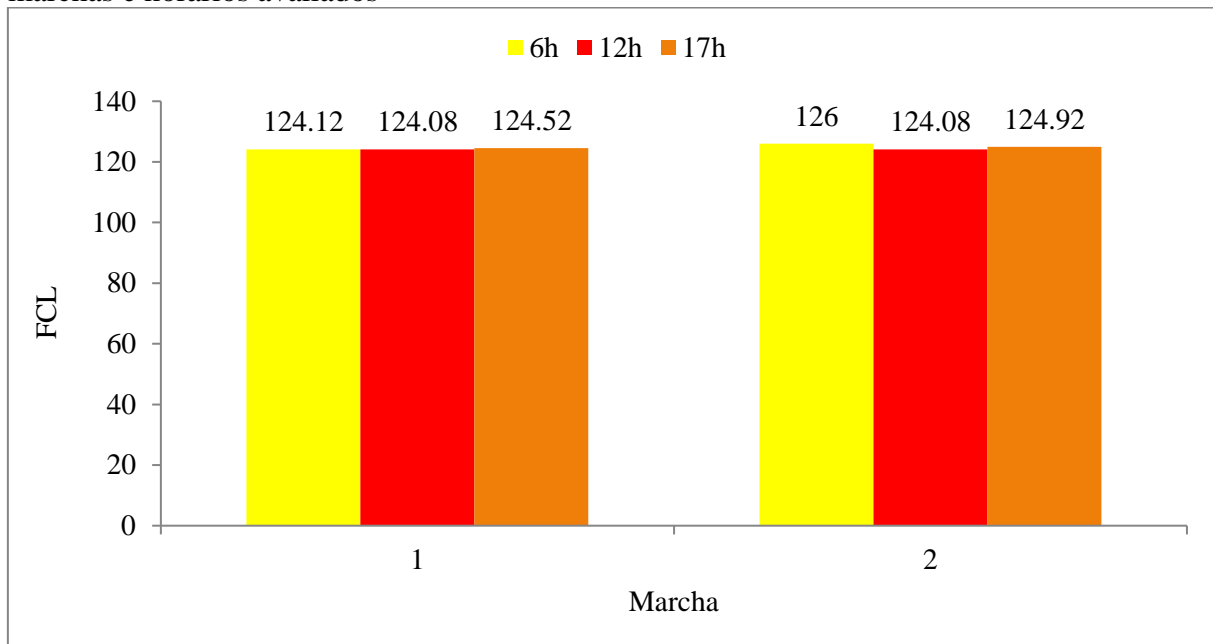
Tabela 11 – Análise de variância para frequência cardíaca limite em bpm (FCL) em função das marchas e horários avaliados

Marcha	Horário			MG	CV (%)	<i>p</i> – valor		
	6	12	17			M	H	M x H
1	124,12	124,08	124,52	124,24 a	2,41	0,49 ns	0,76 ns	0,5 ns
2	126,00	124,08	124,92	125,00 a				
MG	125,06 A	124,08 A	124,72 A					

Médias seguida de mesma letra, nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey para a comparação de médias. MG: média geral; CV: coeficiente de variação; M: marcha; H: horário; p: probabilidade a 5% de variação.

Fonte: elaborado pela autora.

Figura 15 – Valores médios para frequência cardíaca limite em bpm (FCL) em função das marchas e horários avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

4.4 Termografia

4.4.1 Temperatura medida na cabeça do operador

Pela análise de variância, observa-se que, apenas o horário apresentou diferenças estatísticas entre as médias, na qual a maior temperatura foi medida no horário das 12 h (Tabela 12). Resultado possivelmente relacionado com o aumento do IBUTG e ITU nesse mesmo horário.

Tabela 12 – Análise de variância para temperatura medida em °C, na cabeça do operador, em função das marchas e horários avaliados

Marcha	Horário			MG	CV (%)	<i>p</i> – valor		
	6	12	17			M	H	M x H
1	27,22	33,26	29,08	29,85 a	3,39	1,66 ns	74,17 **	1,25 ns
2	27,28	31,98	28,88	29,38 a				
MG	27,25 C	32,62 A	28,98 B					

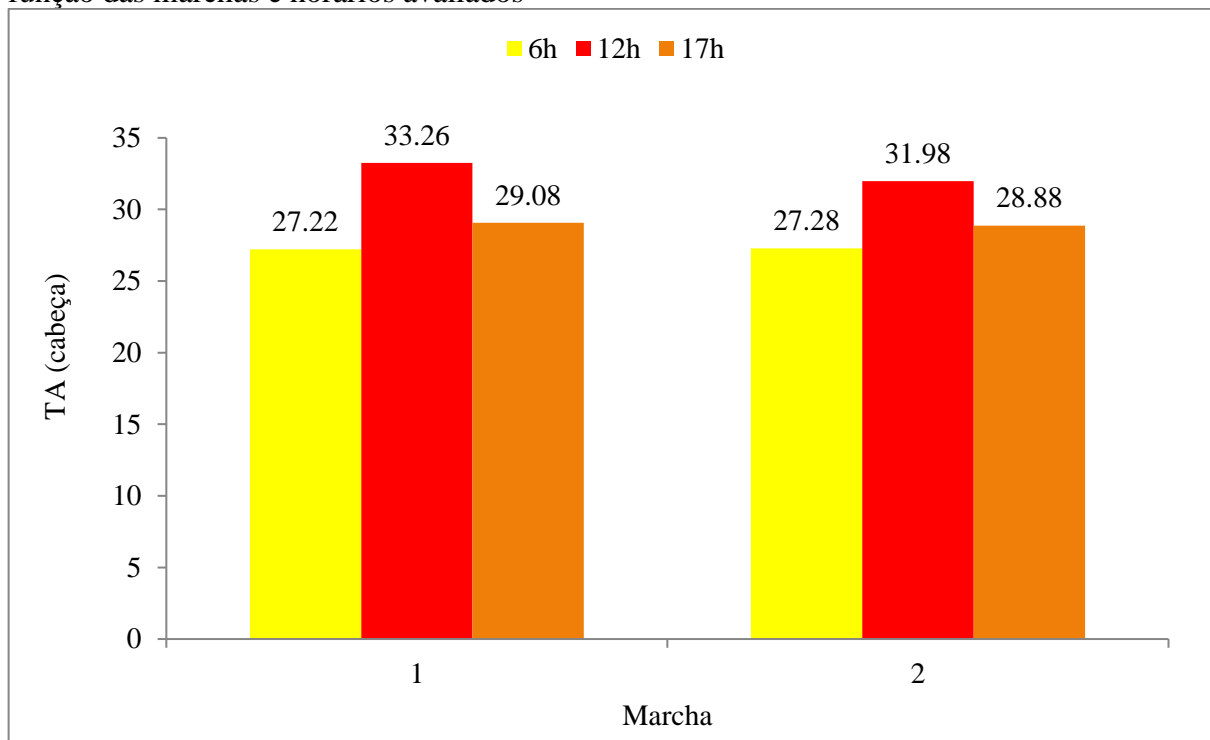
Médias seguidas de mesma letra, nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey para a comparação de médias. MG: média geral; CV: coeficiente de variação; M: marcha; H: horário; p: probabilidade a 5% de variação.

Fonte: elaborado pela autora.

Os valores médios para temperatura medida na cabeça do operador demonstram que, embora não apresentando diferenças entre as médias para as marchas avaliadas, a marcha

1 no período das 12 h apresentou maior valor médio de temperatura (33,26 ° C) (Figura 16). Contudo, a temperatura da pele encontra-se acima da temperatura de conforto no horário das 12 horas, certamente devido o fluxo de calor variado entre o ambiente e a superfície da pele, onde o valor da temperatura de conforto da pele situou-se muito próxima ao citado por Ferreira (2005) que é de 33,7 ° C.

Figura 16 – Valores médios para temperatura medida em ° C, na cabeça do operador, em função das marchas e horários avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

4.4.2 Temperatura medida no corpo do operador

A temperatura medida no corpo do operador recebeu influência apenas do horário avaliado (H), diferindo entre si estatisticamente, já a marcha utilizada (M) e a interação entre os fatores (M x H) não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 13). Observa-se que a temperatura teve seu máximo no período de 12 h, vindo a reduzir no horário das 17 h. Uma menor temperatura corporal no período da manhã, seguida de um aumento no turno da tarde, também foi encontrada por outros autores empregando diferentes métodos de registro da temperatura (termômetro clínico sublingual e sensor ficado no ombro) (EDWARDS *et al.*, 2008; PRONINA; RYBAKOV, 2011).

Tabela 13 – Análise de variância para temperatura medida em ° C, no corpo do operador, função das marchas e horários avaliados

Marcha	Horário			MG	CV (%)	<i>p – valor</i>		
	6	12	17			M	H	M x H
1	25,96	33,58	27,88	29,14 a	3,59	2,40 ns	120,32 **	1,24 ns
2	26,02	32,20	27,44	28,55 a				
MG	25,99 C	32,89 A	27,66 B					

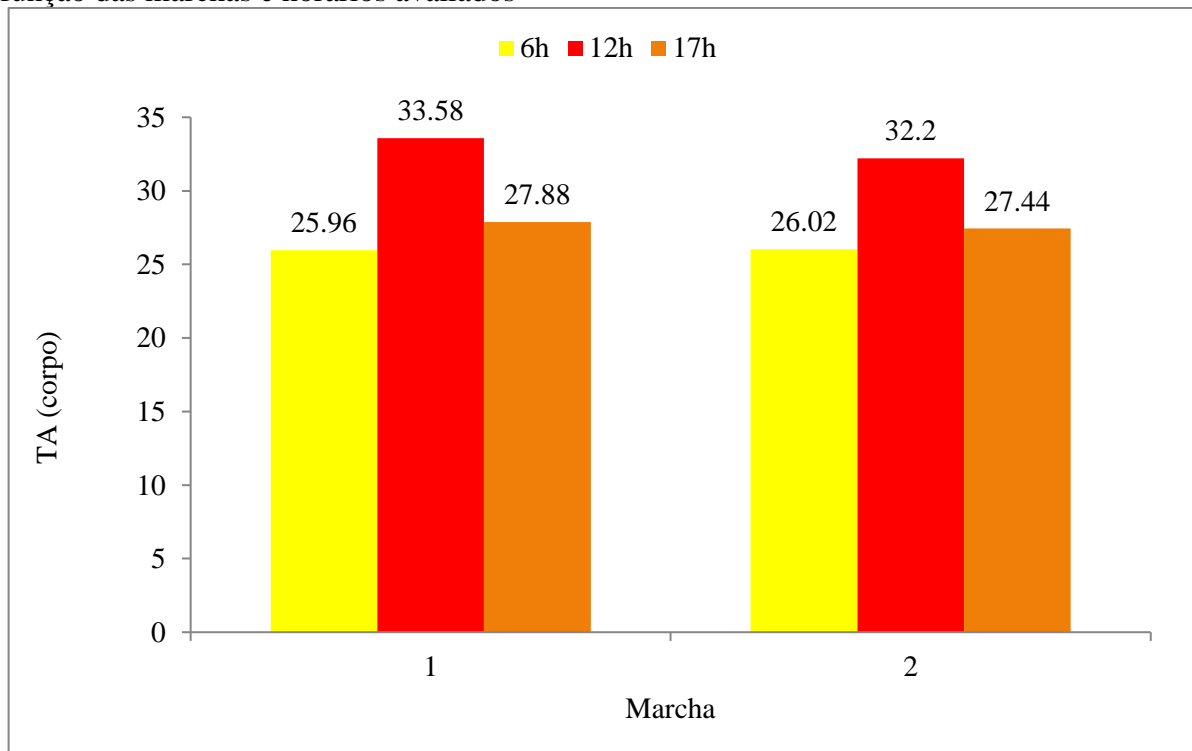
Médias seguidas de mesma letra, nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey para a comparação de médias. MG: média geral; CV: coeficiente de variação; M: marcha; H: horário; p: probabilidade a 5% de variação.

Fonte: elaborado pela autora.

Com relação a Figura 17, é possível visualizar os valores médios para a temperatura no corpo. Observa-se que durante as condições de avaliação, a média das temperaturas do corpo é considerada desconfortável no horário das 12 h, nas duas semanas avaliadas.

Segundo Terjung (1996), temperaturas que ultrapassam os 30° C caracterizam estresse térmico elevado. Quando as temperaturas ultrapassam os 30° C e a umidade relativa encontra-se entre 50 a 70 % a sensação térmica do organismo humano fica em torno de 32,2 a 35 graus e quando ultrapassa os 35° C a sensação térmica varia de 38,8 a 42,2 graus.

Figura 17 – Valores médios para temperatura medida em ° C, no corpo do operador, em função das marchas e horários avaliados



Fonte: elaborado pela autora.

4.4.3 Temperatura medida no microtrator

Os valores apresentados na Tabela 14 correspondem a superfície do microtrator, onde observou-se, que apenas o horário apresentou diferenças estatísticas, diferindo dos demais.

Tabela 14 – Análise de variância para temperatura medida em °C, do microtrator, em função das marchas e horários avaliados

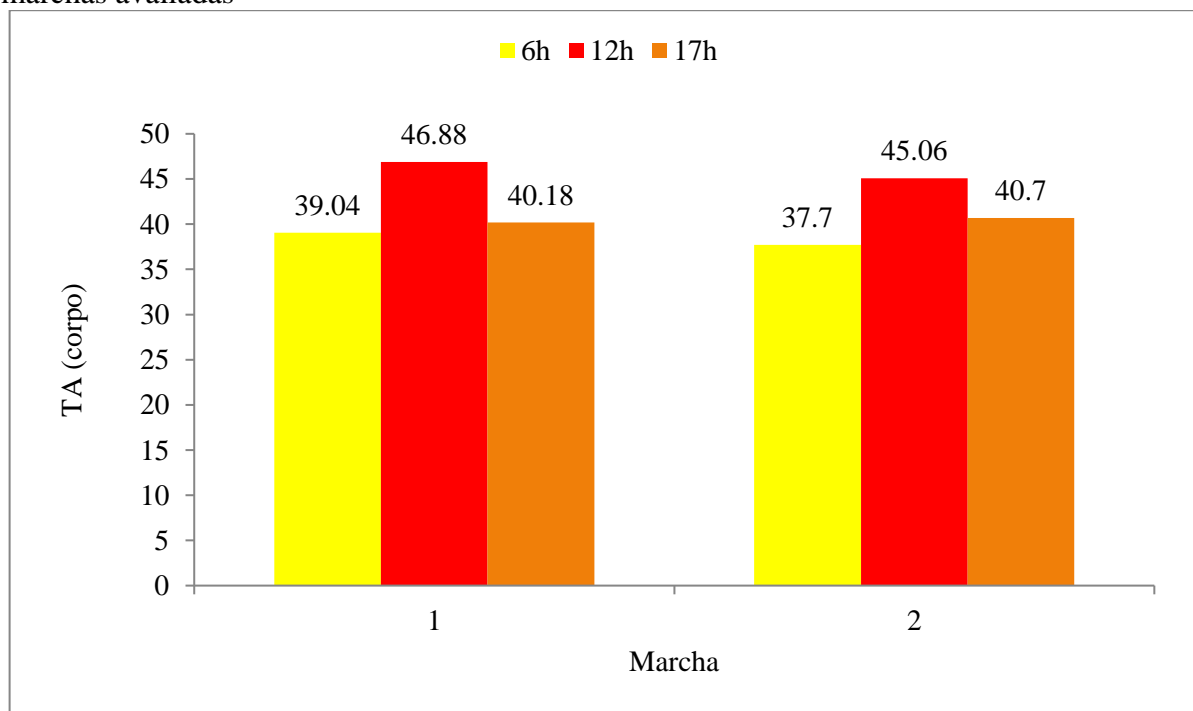
Marcha	Horário			MG	CV (%)	p – valor		
	6	12	17			M	H	M x H
1	39,04	46,88	40,18	42,03 a	3,11	3,40 ns	92,02 **	2,24 ns
2	37,70	45,06	40,70	41,16 a				
MG	38,37 C	45,98 A	40,44 B					

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas (minúsculas) e nas linhas (maiúsculas) não diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey para a comparação de médias. MG: média geral; CV: coeficiente de variação; M: marcha; H: horário; p: probabilidade a 5% de variação.

Fonte: elaborado pela autora.

Na Figura 18, que ilustra o gráfico dos valores médios temperatura medida no microtrator em função da marcha e horários utilizados pelo operador durante a operação do preparo do solo, mostra que houve um aumento na temperatura no horário das 12 h.

Figura 18 – Valores médios para temperatura medida em °C, do microtrator, em função das marchas avaliadas



Fonte: elaborado pela autora.

O aumento da temperatura do microtrator ocorre devido ao aquecimento do motor e seus componentes após o início de funcionamento, que, por sua vez, expande o calor para as demais superfícies do microtrator, gerando um aquecimento do centro para a periferia. A temperatura analisada do microtrator, ou seja, a energia emitida pela superfície, devido ao aquecimento do sistema mecânico da máquina, pode influenciar por convecção a transferência de calor para o operador. Ressalta-se que o motor do microtrator permanecia desligado durante o intervalo de uma coleta para outra, sendo ligado sempre no início das atividades do preparo do solo, ou seja, ligado 10 minutos antes de cada operação.

5 CONCLUSÃO

Os índices de temperatura do globo e umidade (IBUTG), apresentaram maiores valores ao final do dia (17 horas), sendo classificado pela NR 15 como um trabalho insalubre.

O índice temperatura e umidade (ITU) no ambiente de operação em todos os turnos manteve-se fora da zona de conforto térmico para o operador, sendo que o horário com o maior desconforto foi o de 12 h.

Nas condições avaliadas nesse experimento, para a frequência cardiovascular e frequência cardíaca limite, concluiu-se que mesmo com o trabalho classificado como moderadamente pesado, o operador não necessitou de pausas durante a operação.

Houve variação de temperatura do operador nas condições realizadas para o rosto e o peitoral, onde se observou que no período das 12 horas registraram-se as temperaturas mais elevadas.

A temperatura do microtrator apresentou maiores índices significativos apenas no horário das 12 horas nas condições de operação realizada.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISSO: 14269. **Tratores e máquinas agrícolas e florestais autopropelidas: ambiente do compartimento do operador.** Rio de Janeiro, 2017.
- AFONSO, J. **Termografia – Teoria, procedimentos e vantagens.** 2010, 18p.
- ALUCCI, M. P. **Recursos de projetos para controle do estresse térmico em espaços abertos de cidades brasileiras.** São Paulo: FAUUSP, 2011. 68p.
- APUD, E. **Guide-lines on ergonomics study in forestry.** Genebra: ILO, 1989. 241p.
- APUD, E.; GUTIÉRREZ, M.; LAGOS, S.; MAUREIRA, F.; MEYER, F.; ESPINOSA, J. **Manual de ergonomia florestal.** Chile: Laboratório de Ergonomia de la Universidad de Concepción, 1999. 315p.
- AQUINO, D.N. **Irrigação e sustentabilidade dos recursos solo e água na área do distrito de irrigação Baixo Acaraú –DIBAU – Ceará.** 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFC-7_0a7710df03b32904047cf4700e1e7a4a. Acesso em: 07 fev. 2020.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. EP 496.2. *In:* ASAE standards: **Standards engineering practices data.** St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, p.353-358, 1996.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. Physiological principles for comfort and health. *In:* Handbook Fundamentals. Atlanta, 2001. p.81 – 8.2.
- BAÊTA, F. da C.; SOUZA, C. de F. **Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal.** Viçosa - MG: Editora UFV, 1997. 246p.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Software AgroEstat:** sistema de análises estatísticas de ensaios agronômicos. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Brasil, 2010.
- BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. **Clima e cidade:** a abordagem climática como subsídios. Maceió: EDUFAL, 2007, 154p.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas.** São Paulo: Manole, 1990. 187p.
- BATIZ, E. C.; GOEDERT, J.; MORSCH, J. J.; KASMIRSKI JUNIOR, P.; VENSKE, R. **Avaliação do conforto térmico no aprendizado:** estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Produção**, v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009.
- BRASIL. Norma Regulamentadora 12. **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.** Disponível em:

<http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>. Acesso em: 03 de maio 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Atividades e operações insalubres. NR 15.** Disponível em: [http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D040147D14EAE840951/NR-15%20\(atualizada%202014\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D040147D14EAE840951/NR-15%20(atualizada%202014).pdf). Acesso em: 12 mai. 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Trabalhos a céu aberto. NR 21.** Disponível em: http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF2D0B4F86C95/nr_21.pdf. Acesso em: 13 set. 2018.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: conteúdo básico: guia prático.** Belo Horizonte: ERGO Editora, 2007.

COSTA, J. R. S.; BEZERRA, I. M.; SILVA, F. M. Conforto térmico na cidade de Natal e Ceará Mirim/RN utilizando os métodos de ITU e WCI. **Revista Okara: Geografia em debate**, v. 3, n. 2, p. 223-347, 2009.

DEBIASE, H; SCHLOSSER, J. F.; PINHEIRO, E. D. Características ergonômicas dos tratores agrícolas utilizados na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**. v.34, n.6, p. 1807-1811, 2004.

DUL, J.; WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia prática.** São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 58p.

EDWARDS, B.; WATERHOUSE, J.; REILLY, T. Circadian rhythms and their association with body temperature and time awake when performing a simple task with the dominant and non-dominant hand. **Chonobiol Internacional**. v. 25 n. 1, p.11-132, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. rev. atual. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 306, 2006.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort.** New York: McGraw -Hill Book Company, 1970. 32p.

FALCO, J. E. **Bioclimatologia animal.** Lavras: UFLA, 1997. 57p.

FERREIRA, M. L. **Aplicação de um modelo à determinação de índices de conforto térmico.** 2005. 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Humana). Escola de engenharia. Universidade do Minho. Braga, 2005.

FIEDLEN, N. C.; VENTUROLI, F. Avaliação da carga física de trabalho exigida em atividades de fabricação de móveis no Distrito Federal, **Cerne**, v.8, n.2, p.117-122, 2002.

FIEDLEN, N. C.; GUIMARÃES, N. C.; ALVES, R. T.; WANDERLEY, F. B. Avaliação ergonômica do ambiente de trabalho em Marcenarias no sul do espírito santo. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.907-915, 2010.

FURLANI, C. E. A; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; LOPES, A.; SILVA R. P. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p.388-395, 2004.

FLOR, J.; DAVOLOS, M. R.; CORREA, M. A. Protetores solares. **Química Nova**. v. 30, n.1, p.153-158, 2007.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998. 228p.

IIDA, I.; WIERZZBICKI, H. A. J. **Ergonomia**. Notas de aula. São Paulo: EPUSP, 1978. 282p.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 614p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *In*: Norma ISO 5007: Agricultural wheeled tractors. **Operator's seat – Laboratory measurement of transmitted vibration**: General requirements. Geneva, 2003. 31p.

JUCHEM, P. P.; HOCHBERG, J.; WINOGRON, A.; ARDENGHY, M.; ENGLISH, R. Riscos à Saúde da Radiação Ultravioleta. **Revista Sociedade Brasileira de Cirurgia Plástica**, v.13, n.2, p.47-60, 1998.

KAHIL, M. A.; GAMERO, C. A. Níveis de ruído: Avaliação ergonômica de alguns tratores e equipamentos agrícolas. **Energia na agricultura**, v. 12, n.3, p. 46-53. 1997.

KINDERSLEY, D. Cuidados com a pele e o sol. **Guia da Saúde Familiar**, v. 12, n.1, p.1-4, 2001.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. 324p.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 268p.

LEITE, E. S. C. M. **Stress Térmico por Calor – Estudo Comparativo dos Métodos e Normas de Quantificação**. 2002. 152p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/82436/257295.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 fev. 2020.

LITWA, M. Influence of angle of view on temperature measurements using thermovision câmera. **IEEE Sensors Journal**, v. 10, n. 10, p.1552-4, 2010.

MACEDO, D. X. S.; NICOLAU, F. E. A.; NASCIMENTO, H. C. F.; COSTA, E.; CHIODEROLI, C. A.; LOUREIRO, D. R. Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p.280-285,2016.

MALVEIRA, E. C. H. 2003. 197p. **Estudo de mudanças climáticas num ambiente urbano: evolução da “Ilha de Calor” na Região Metropolitana de Fortaleza**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza.

MÁRQUEZ, L. Las transmisiones: el escalonamiento de lãs marchas. **Agrotécnica**,

n.10, v.03, p.55-62, 2004.

MENSURATEC. **O que é termografia?** 2012. Disponível em: <https://mensuratec.wordpress.com/2012/08/17/o-que-e-termografia-sua-importancia/>. Acesso em 29 jan. 2020.

MIRSHAWKA, V. **Manutenção preditiva: caminho para zero defeitos.** São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991. 318p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **Norma Regulamentadora 15 – Atividades Insalubres.** 2014. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO14.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

MORAIS, C. S.; BERTOLDI, T. L.; REIS, A. V. dos.; TROGER, H. C.H. Avaliação do nível de ruído de um trator de rabiça utilizando dosímetro. *In: XVIII Congresso de Iniciação Científica, Anais...XI Encontro de Pós-graduação.* Universidade Federal de Pelotas. 2009.

MOURA, M. de O.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Conforto térmico em Fortaleza-Ce. *Revista da ANPEGE*, v. 6, n. 6, p. 177-189, 2010.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia**, v.28, n.1, p.93-109, 2011.

PETRI, V. **Fotobiologia: conceitos básicos.** Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina – Departamento de Dermatologia, 2005. Disponível em: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/fotobiologia.html>. Acesso em: 12 ago. 2018.

PRONINA, T. S.; RYBAKOV, B. P. Features of the circadian rhythm of temperature of the skin at children of 8-9 years and young men and girls. **Fiziol Cheloveka**. v. 37 n. 4, p. 98-104, 2011.

PUMPRLA F.; HOWORKA K.; GROVES D.; CHESTER M.; NOLAN J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **Integrady Journal Cardiology**. v. 84, n.1, p.1-14, 2002.

QUEMELO, P. R. V.; ARAR, M. B.; COELHO, A. R. GOTTARDO, D. Avaliação ergonômica e prevalência das doenças relacionadas ao trabalho em empresas calçadistas. **Colloquium Vitae**. v. 1, n. 2, p. 95-100, 2009.

REPELLI, C. A.; ALVES, R.; SOUZA, E. B. de; UBARANA, V. N.; ALVES, J. M. B. Sensação térmica para Fortaleza-Ce. **Monitor Climático**, v. 11, n. 121, p. 8-16, 1997.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D. **Mecânica, acústica e calor.** Editora Livro Técnico, 1966. 750p.

RODRIGUES, D. E.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; RODRIGUES, G. J. Desempenho de um microtrator utilizando-se motores com diferentes alternativas energéticas. **Acta Science Technology**, v. 28, n. 1, p. 55-63, 2006.

ROZIN, D. **Conformidade do posto de operação de tratores agrícolas nacionais com Normas de ergonomia e segurança**. 2004. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

RUAS, A. C. **Avaliação do conforto térmico**: contribuição à aplicação prática das normas internacionais. São Paulo: Ministério do Trabalho e Emprego. FUNDACENTRO, 2001.

SAAD, O. **Seleção do equipamento agrícola**. São Paulo: Nobel, 1976. 128p.

SANTANA, A. M. S. de. 1997. 168f. **O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza**. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. G. da; BLUMENSCHNEIN, F. N.; DALL'ACQUA, F. M. **Técnicas de preparo do solo: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água**. Embrapa-CNPAP. Goiânia. 1984. 26. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/191749>. Acesso em: 26 jan 2020.

SILVA, D.M. **Relação entre variabilidade da frequência cardíaca e a relação cintura/Anca**. 2012. 105f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2012. Disponível em:
<https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/23255/1/Rela%C3%A7%C3%A3o%20entre%20Variabilidade%20da%20Frequencia%20Card%C3%ADaca%20e%20a%20Rela%C3%A7%C3%A3o%20Cintura-Anca.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

SILVA, J. M. O.; MOURA, M. O. L.; SALES, M. C. L.; SILVA, E. V. As condições microclimáticas urbanas de Fortaleza: análise de dois episódios sazonalmente contrastantes. **Caderno de Cultura e Ciência**, v. 2, n. 2, p. 2-11, 2007.

SILVA, L. B. **Análise da relação entre produtividade e conforto térmico**: o caso dos digitadores do centro de processamento de dados da Caixa Econômica Federal de Pernambuco. 2001. 112f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/81915/180181.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 ago. 2019.

SILVEIRA, G. M.; SIERRA, J. G. Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.418-424, 2010.

STATHOPOULOS, T.; ZACHARIAS, J. Outdoor Human Comfort in an Urban Climate. **Build Environ**, v. 39, n.3, p. 297– 305, 2004.

STEADMAN, R. G. The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. **Journal of Applied Meteorology**, v.18, n.7, p.861-873, 1979.

TERJUNG, R. L.; CLARKSON, P.; EICHNER, E. R.; GREENHAFF, P. L.; HESPEL, P. J.; ISRAEL, R. G. American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. **Medicinal Science Sports Exercise**, v.32, n.3, p. 706-711, 2000.

THOM, E.C. The discomfort index. **Weatherwise**, v.12, n.1, p.57-60, 1959.

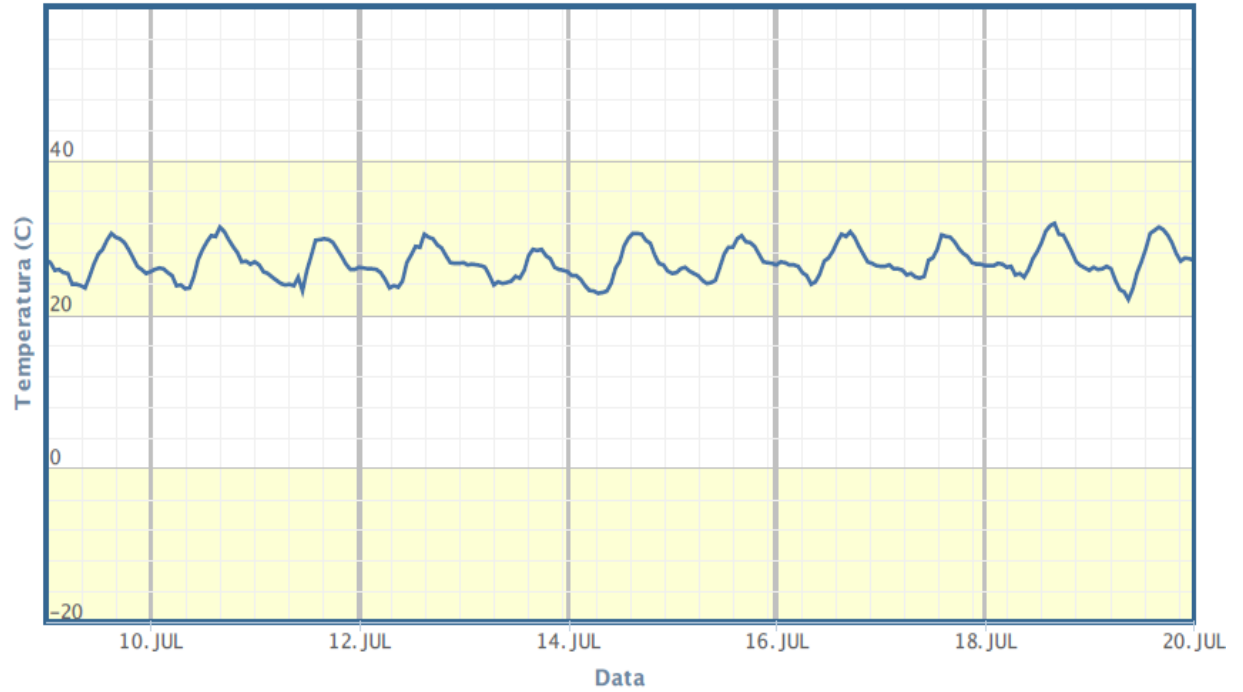
THOM, E. C. Cooling degree-days air conditioning, heating and ventilating. Atlanta. *In*: GA, SA. **Transactions of ASH&VE**. v. 55, n. 2, p. 65-72, 1958.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital. Recife, 2005. 443p.

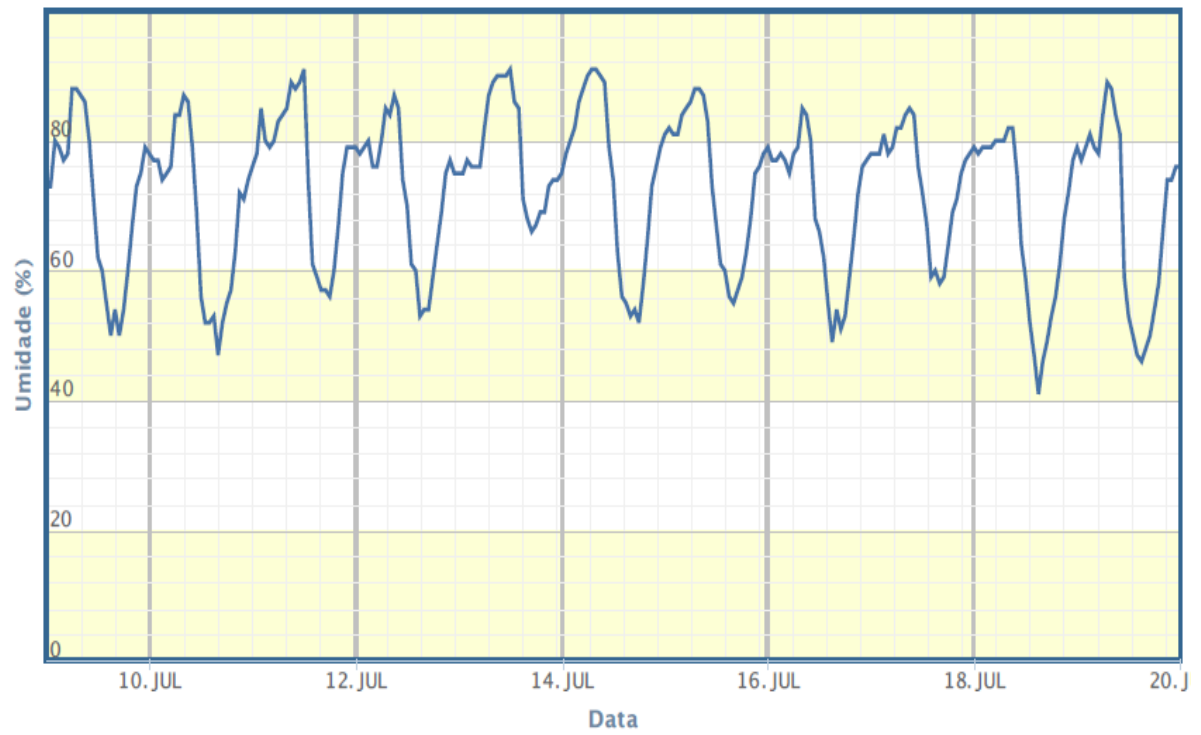
VIANA, S. S. M. **Conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP**. 2013. 219 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Curso de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/105092/viana_ssm_dr_prud.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 05 dez. 2019.

XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. 1999. 209f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Curso de Pós - Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: http://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Augusto_de_Paula_Xavier.pdf. Acesso em: 25 fev. 2020.

ANEXO A – VALORES MÉDIOS PARA TEMPERATURA DURANTE O EXPERIMENTO

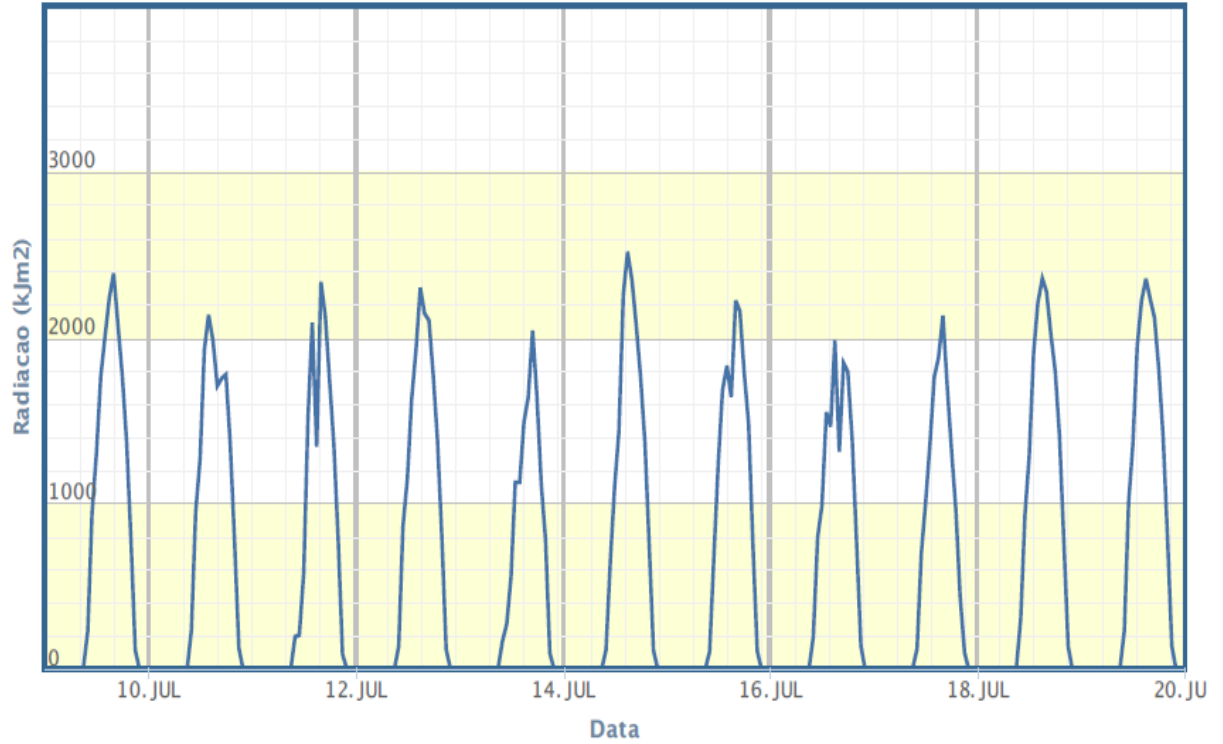


Fonte: INMET (2019).

ANEXO B – VALORES MÉDIOS PARA UMIDADE DURANTE O EXPERIMENTO

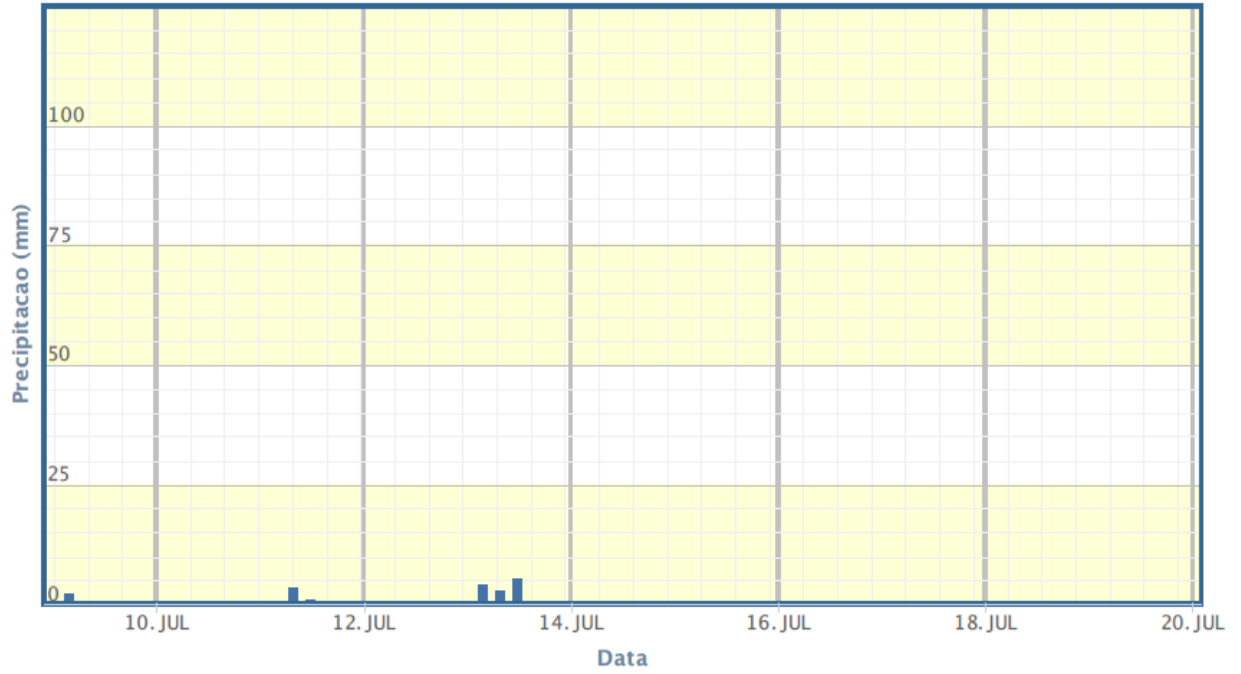
Fonte: INMET (2019).

ANEXO C – VALORES MÉDIOS PARA RADIAÇÃO SOLAR DURANTE O EXPERIMENTO



Fonte: INMET (2019).

ANEXO D – VALORES MÉDIOS PARA PRECIPITAÇÃO DURANTE O EXPERIMENTO



Fonte: INMET (2019).